

## บทที่ 4

### ผลการจำลองแบบและวิเคราะห์ผล

บทนี้นำเสนอผลการทดสอบสมรรถนะของระบบการควบคุมความแออัดรูปแบบใหม่ที่ใช้การควบคุมแบบชัดเจนในการกำหนดอัตราการส่งจากปลายถึงปลายด้วยโพรโทคอล TCP ตามกรรมวิธีที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 3 เปรียบเทียบกับโพรโทคอล TCP ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ SACK TCP และ Reno TCP ภายใต้สภาพของโครงข่ายที่มีคุณลักษณะแตกต่างกัน 3 รูปแบบ โดยโครงข่ายที่ใช้ทดสอบแต่ละแบบมีองค์ประกอบของช่องสัญญาณชนิดไร้สาย และช่องสัญญาณชนิดไร้สายที่มีกลไกการทำงานของโพรโทคอลสนูปร่วมอยู่ด้วย ค่าสมรรถนะของระบบที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือ ค่าทราฟฟิกของคู่การเชื่อมต่อระหว่างผู้ส่งต้นทางและผู้รับปลายทางแต่ละโพล์ อัตราการส่งข้อมูลบริเวณคอขวด ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรที่ระบบแถวคอยของเราเตอร์และที่บัฟเฟอร์ของโพรโทคอลสนูป และความเท่าเทียมกันในการจัดสรรแบนด์วิดท์ ผลการทดสอบที่นำเสนอในบทนี้จะได้นำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์ถึงข้อดีข้อเสียของโพรโทคอลที่เสนอเมื่อเทียบกับโพรโทคอลแบบดั้งเดิม

การนำเสนอเนื้อหาในบทนี้จะเริ่มต้นด้วยการกล่าวถึงรายละเอียดและคุณลักษณะของโพลีโพลีที่ใช้ในการจำลองแบบแต่ละรูปแบบที่กำหนดขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการทดสอบสมรรถนะแต่ละด้านครอบคลุมสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จากนั้นจึงเข้าสู่ผลการทดสอบ การวิเคราะห์และสรุปผลในแต่ละการจำลองแบบ

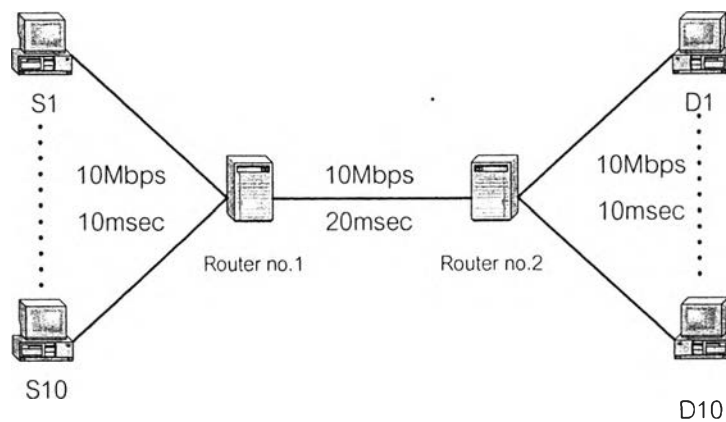
#### 4.1 โพลีโพลีที่ใช้จำลองแบบ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เลือกรูปแบบโพลีโพลีเฉพาะสำหรับการจำลองระบบไว้ 3 รูปแบบ เพื่อใช้ศึกษาถึงผลกระทบของรูปแบบโครงสร้างการเชื่อมต่อที่มีลักษณะแตกต่างกันต่อสมรรถนะของการควบคุมความแออัดและการจัดสรรแบนด์วิดท์ของโพรโทคอลที่พิจารณา ดังนี้คือ

- โพลีโพลีแบบ Dumbell
- โพลีโพลีแบบ Parking lot
- โพลีโพลีแบบ Upstream

#### 4.1.1 โทโพโลยีแบบ Dumbell

โทโพโลยีแบบ Dumbell เป็นโครงสร้างการเชื่อมต่อที่มีความเรียบง่าย ไม่ซับซ้อน ดังแสดงในรูปที่ 4.1 จากรูปจะเห็นว่าโทโพโลยีแบบ Dumbell นั้นประกอบด้วยแหล่งกำเนิดข้อมูล 10 แหล่ง (เขียนแสดงด้วยสัญลักษณ์ S1-S10) ซึ่งเชื่อมต่อตรงกับเราเตอร์หมายเลข 1 (no.1) โดยใช้ลิงก์ขนาด 10 *Mbps* ที่มีค่าเวลาประวิงการแพร่ของสัญญาณเท่ากับ 10 msec เราเตอร์ดังกล่าวมีการเชื่อมต่อตรงกับเราเตอร์หมายเลข 2 (no. 2) ผ่านลิงก์ที่มีความจุ 10 *Mbps* และค่าเวลาประวิงการแพร่ของสัญญาณเท่ากับ 20 ms ทั้งนี้ แพ็กเก็ตข้อมูลที่ส่งออกจากแหล่งกำเนิด S1-S10 มีจุดหมายปลายทางอยู่ที่อุปกรณ์ภาครับปลายทางที่เขียนด้วยสัญลักษณ์ D1-D10 ซึ่งอุปกรณ์ปลายทางเหล่านี้เชื่อมต่อตรงกับเราเตอร์หมายเลข 2 ผ่านลิงก์ขนาด 10 *Mbps* และค่าประวิงเวลาการแพร่สัญญาณเท่ากับ 10 msec ดังแสดงในรูป



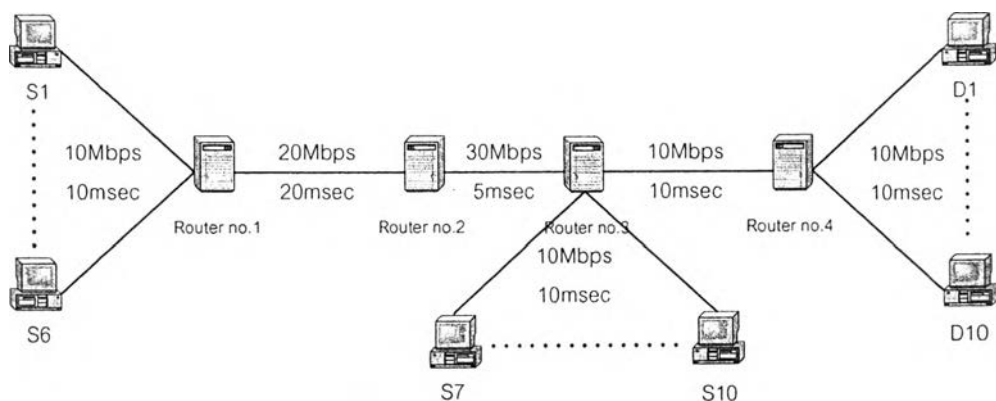
รูปที่ 4.1 โทโพโลยีแบบ Dumbell

โทโพโลยีแบบ Dumbell มักถูกนำมาใช้เพื่อทดสอบและประเมินสมรรถนะของการควบคุมความแออัดในชั้นเบื้องต้นเพื่อให้เห็นถึงความสามารถในการจัดสรรแบนด์วิดท์ระหว่างคู่การเชื่อมต่อ (หรือที่เรียกโดยย่อว่าโฟลว์) ว่ามีความเท่าเทียมมากน้อยเพียงใด และยังสามารถใช้ในการพิจารณาถึงคุณลักษณะของระบบแถวคอย ณ ที่เราเตอร์แต่ละตำแหน่งได้ โดยเฉพาะเราเตอร์ที่อยู่ในบริเวณคอขวด

#### 4.1.2 โทโพโลยีแบบ Parking Lot

โทโพโลยีแบบ Parking lot เป็นโครงสร้างการเชื่อมต่อที่ได้มาจากการศึกษารูปแบบของลานจอดรถหลาย ๆ แห่งที่มีทางออกของลานจอดรถทั้งหมดนั้นเชื่อมต่อกับทางออกสู่ถนนใหญ่ซึ่ง

มีเพียง 1 เส้นทางเท่านั้น โดยความแออัดที่เกิดขึ้นเมื่อรถที่อยู่ภายในลานจอดรถจำนวนหนึ่งพยายามออกไปสู่ถนนใหญ่ ซึ่งเป็นโครงสร้างการเชื่อมต่อที่มีความซับซ้อนขึ้นมาอีกระดับหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.2 จากรูปจะเห็นว่าแหล่งกำเนิดข้อมูลทั้ง 10 แหล่งของโทโพโลยีแบบ Parking Lot นั้นถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ด้วยลักษณะของการเชื่อมต่อกับเราเตอร์คือ กลุ่มที่ 1 คือแหล่งกำเนิดข้อมูล S1-S6 ซึ่งแพ็กเก็ตข้อมูลที่ส่งไปยังผู้ใช้ปลายทางด้วยแหล่งกำเนิดข้อมูลดังกล่าวจะต่อตรงกับเราเตอร์หมายเลข 1 และถูกส่งผ่านบริเวณที่เป็นคอขวดถึงสองแห่งด้วยกัน คือคอขวดระหว่างเราเตอร์หมายเลข 1 กับเราเตอร์หมายเลข 2 และคอขวดระหว่างเราเตอร์ตัวที่ 3 กับเราเตอร์หมายเลข 4 ส่วนกลุ่มที่ 2 คือแหล่งกำเนิดข้อมูล S7-S10 ซึ่งแหล่งกำเนิดข้อมูลดังกล่าวต่อตรงกับเราเตอร์หมายเลข 3 และแพ็กเก็ตข้อมูลจะถูกส่งผ่านคอขวดระหว่างเราเตอร์หมายเลข 3 กับเราเตอร์หมายเลข 4 เพียงแห่งเดียว โดยมีอุปกรณ์ภาครับปลายทางของแต่ละแหล่งกำเนิดทั้งหมดจะต่อตรงกับเราเตอร์หมายเลข 4 โดยลิงก์คอขวดระหว่างเราเตอร์หมายเลข 1 กับเราเตอร์หมายเลข 2 ถูกกำหนดให้มีขนาด 20 Mbps และลิงก์คอขวดระหว่างเราเตอร์หมายเลข 3 กับเราเตอร์หมายเลข 4 มีขนาดเท่ากับ 10 Mbps



รูปที่ 4.2 โทโพโลยีแบบ Parking Lot

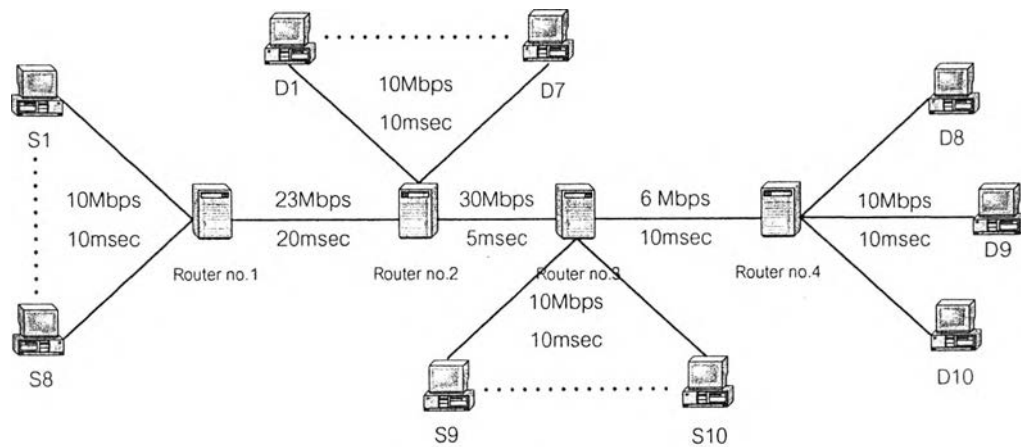
โทโพโลยีแบบ Parking Lot ถูกนำมาใช้อย่างบ่อยครั้งในการทดสอบและประเมินสมรรถนะของการจัดสรรแบนด์วิดท์รวมทั้งศึกษาพฤติกรรมของแหล่งกำเนิดของกลุ่มที่ 1 และแหล่งกำเนิดในกลุ่มที่ 2 โดยมีขนาดของลิงก์ระหว่างเราเตอร์ หมายเลข 3 และเราเตอร์หมายเลข 4 เป็นตัวกำหนดอัตราการส่งของแต่ละโพล์และเป็นส่วนที่พิจารณาถึงสมรรถนะในการจัดสรรแบนด์วิดท์บริเวณคอขวดในส่วนนี้ เมื่อแพ็กเก็ตข้อมูลของแหล่งกำเนิดข้อมูลกลุ่มที่ 1 ถูกส่งผ่านคอขวดอันที่ 1 ซึ่งเป็นลิงก์ระหว่างเราเตอร์หมายเลข 1 กับหมายเลข 2 จะกำหนดอัตราการส่งของแต่ละแหล่งกำเนิดในกลุ่มนี้ ด้วยค่าที่เท่ากับ 2.66 Mbps เมื่อพิจารณาการจัดสรรแบนด์วิดท์ด้วยความเท่าเทียม แต่เมื่อแพ็กเก็ตข้อมูลของแหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มที่ 1 นั้นถูกส่งผ่านมาถึงเรา

เตอร์หมายเลข 3 ซึ่งมีแหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มที่ 2 ต่อตรงอยู่ ดังนั้นอัตราการส่งของแหล่งกำเนิดทั้งหมด จะถูกจำกัดด้วยขนาดของลิงก์ระหว่างเราเตอร์ทั้งสองตัวนี้ซึ่งควรจะมีค่าเท่ากับ 1 Mbps เมื่อพิจารณาด้วยการจัดสรรแบนด์วิดท์ในส่วนนี้ด้วยความเท่าเทียม ดังนั้นแพ็กเก็ตข้อมูลของแหล่งกำเนิดข้อมูลที่ส่งด้วยไฟโพลีโคจรูปแบบปัจจุบันของกลุ่มที่ 1 บางส่วนจะเกิดการสูญหายขึ้นในสวนขาเข้าเนื่องจากความแออัดที่เกิดขึ้นในส่วนระบบแถวคอยของเราเตอร์หมายเลข 3 เพราะว่าแพ็กเก็ตข้อมูลส่วนหนึ่งที่เข้ามายังเราเตอร์ตรงส่วนนี้ไม่สามารถรองรับแพ็กเก็ตข้อมูลทั้งหมดได้อย่างพอเพียงด้วยขนาดของระบบแถวคอยที่มีอยู่อย่างจำกัดและเราเตอร์หมายเลข 3 นี้เป็นเราเตอร์ที่ต่อโดยตรงอยู่กับแหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นจุดที่ค่อนข้างอ่อนไหวต่อการรองรับข้อมูลจำนวนมาก ๆ จากที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดเพื่อแสดงให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของโครงร่างการเชื่อมต่อของโทโพโลยีรูปแบบนี้ต่อการการจัดสรรแบนด์วิดท์ระหว่างคู่การเชื่อมต่อว่ามีความเท่าเทียมมากน้อยเพียงใดท่ามกลางการส่งผ่านข้อมูลบนคอขวดที่มีขนาดต่าง ๆ กัน

#### 4.1.3 โทโพโลยีแบบ Upstream

โทโพโลยีแบบ Upstream เป็นโครงสร้างการเชื่อมต่อที่มีความซับซ้อนที่สุดใน 3 โครงสร้างการเชื่อมต่อที่เลือกนำมาทดสอบสมรรถนะในการควบคุมความแออัดและจัดสรรแบนด์วิดท์ด้วยความเท่าเทียม เมื่อมีโพลีโคจล์หนึ่งถูกจำกัดอัตราการส่งจากขนาดของลิงก์ในเส้นทางระหว่างแหล่งกำเนิดข้อมูลและอุปกรณ์ภาครับปลายทางหรือคอขวดบริเวณอื่น ดังแสดงในรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าแหล่งกำเนิดข้อมูลทั้ง 10 แหล่ง ถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ด้วยลักษณะของการเชื่อมต่อกับเราเตอร์ของแหล่งกำเนิดและอุปกรณ์ปลายทาง ดังนี้คือ กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มของแหล่งกำเนิดข้อมูล S1-S7 กลุ่มที่ 2 คือกลุ่มของแหล่งกำเนิดข้อมูล S9 และ S10 ซึ่งแหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ถูกเชื่อมต่อโดยตรงกับเราเตอร์หมายเลข 1 และเราเตอร์หมายเลข 3 ตามลำดับ โดยที่ขนาดลิงก์บริเวณคอขวดระหว่างเราเตอร์หมายเลข 1 กับเราเตอร์หมายเลข 2 ที่แพ็กเก็ตข้อมูลของแหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มที่ 1 ทั้งหมดถูกล่งผ่านไปยังอุปกรณ์ภาครับปลายทางของกลุ่มที่ 1 ซึ่งต่อตรงอยู่กับเราเตอร์หมายเลข 2 กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 23 Mbps และแหล่งกำเนิดข้อมูลและขนาดลิงก์บริเวณคอขวดระหว่างเราเตอร์หมายเลข 3 กับเราเตอร์หมายเลข 4 ซึ่งเป็นคอขวดสำหรับแพ็กเก็ตข้อมูลของแหล่งข้อมูลในกลุ่มที่ 2 ส่งผ่านไปยังอุปกรณ์ภาครับปลายทางซึ่งทั้งหมดต่อตรงอยู่กับเราเตอร์หมายเลข 4 และกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 6 Mbps กลุ่มที่ 3 คือแหล่งกำเนิดข้อมูล S8 ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลเพียงแหล่งเดียวที่วิ่งผ่านบริเวณคอขวดถึงสองแห่งด้วยกัน นั่นก็คือบริเวณคอขวดที่แพ็กเก็ตข้อมูลของแหล่งข้อมูลกลุ่มที่ 1 วิ่งผ่าน และบริเวณคอขวดที่แพ็กเก็ตของแหล่งข้อมูลในกลุ่มที่ 2 ส่งผ่าน ซึ่งแหล่งข้อมูลของกลุ่มที่ 3 นี้เองที่เป็นตัวแปรสำคัญในการวัดถึงสมรรถนะในการจัดสรรแบนด์วิดท์ท่ามกลางโพลีโคจล์ของแต่ละกลุ่มเมื่อแหล่งกำเนิดข้อมูลกลุ่มที่ 3

ถูกจำกัดอัตราการส่งโดยบริเวณคอขวดระหว่างเราเตอร์ตัวที่ 3 กับเราเตอร์ตัวที่ 4 ซึ่งมีขนาดเท่ากับ 2 Mbps ดังนั้นอัตราการส่งของแหล่งกำเนิดข้อมูลแต่ละแหล่งในกลุ่มที่ 1 ที่วิ่งผ่านในส่วนของคอขวดระหว่างเราเตอร์ตัวที่ 1 กับเราเตอร์ตัวที่ 2 ควรมีค่าเท่ากับ 3 Mbps ซึ่งอัตราการส่งนี้พิจารณาจากขนาดของลิงก์ที่เหลือจากการหักลบด้วยอัตราการส่งของแหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มที่ 3 ที่มีขนาดน้อยกว่าขนาดที่ถูกจัดสรรอย่างเท่าเทียมและถูกจำกัดขนาดโดยคอขวดระหว่างเราเตอร์ หมายเลข 3 กับเราเตอร์หมายเลข 4 จากที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดจะเห็นได้ว่าจุดมุ่งหมายในการทดสอบด้วยโครงร่างการเชื่อมต่อของโทโพโลยีรูปแบบ Upstream นี้เป็นการศึกษาถึงลักษณะการจัดสรรแบนด์วิดท์เมื่อมีโพลีโอดีโพลีโอดีมีความต้องการใช้อัตราการส่งข้อมูลน้อยกว่าที่จัดสรรให้ในบริเวณคอขวดนั้น ๆ จะเนื่องด้วยเหตุผลที่มาจากถูกจำกัดอัตราการส่งโดยบริเวณคอขวดจากที่อื่น หรือถูกจำกัดขนาดโดยขนาดของลิงก์ที่อยู่ในเส้นทางของแพ็กเก็ตข้อมูลที่ถูกส่งผ่านระหว่างทางเพื่อไปยังอุปกรณ์ปลายทางก็ตาม แบนด์วิดท์ส่วนที่เหลือในส่วนนี้จะถูกจัดสรรให้แก่โพลีโอดีอื่น ๆ ที่วิ่งผ่านบริเวณคอขวดเดียวกัน ตามหลักการจัดสรรอย่างเท่าเทียมแบบสูง-ต่ำ



รูปที่ 4.3 โทโพโลยีแบบ Upstream

#### 4.2 ผลการจำลองแบบ

ผลการจำลองแบบบนโทโพโลยีที่กล่าวไว้ข้างต้นแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีแรกเป็นการจำลองแบบที่มีลักษณะการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลของผู้ใช้ทั้งหมดเริ่มต้นการส่งข้อมูลตลอดช่วงของการทดสอบ และส่วนกรณีที่สองเป็นการจำลองแบบที่มีลักษณะของผู้ใช้ทั้งหมดถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม โดยที่กลุ่มแรก ผู้ใช้ทั้งหมดในกลุ่มนี้เริ่มต้นการส่งข้อมูลตลอดช่วงของการทดลองจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง และกลุ่มที่สองจะเริ่มต้นการส่งข้อมูลถัดจากกลุ่มที่หนึ่งเป็นช่วงระยะเวลา 12.5 วินาทีและสิ้นสุดการรับส่งข้อมูลวินาทีที่ 37.5 และทั้งสองกรณีนี้จะแบ่งการทดสอบในรูปแบบที่ช่องสัญญาณทั้งหมดเป็นช่องสัญญาณเป็นแบบใช้สายและรูปแบบที่

ช่องสัญญาณสุดท้ายเป็นแบบไร้สาย สำหรับการทดสอบที่มีช่องสัญญาณไร้สายทั้งสองกรณีใช้ระยะเวลาในการทดสอบมีค่า 50 วินาที ส่วนการทดสอบในช่องสัญญาณที่เป็นแบบใช้สายทั้งหมดระยะเวลาในการทดสอบมีค่า 100 วินาที และการจำลองลักษณะการสูญหายในช่องสัญญาณไร้สายนั้นกำหนดให้เป็นแบบจำลองมาร์คอฟสองสถานะแบบต่อเนื่องทางเวลา (Continuous time two-state Markov model) โดยรูปแบบของการสูญหายประกอบไปด้วย 2 สถานะคือ สถานะที่ช่องสัญญาณมีสภาพดี (good state) และสถานะที่ช่องสัญญาณมีสภาพเลว (bad state) ตามที่การวิเคราะห์ใน [19] เพื่อจำลองถึงสภาพของช่องสัญญาณไร้สายในที่นี้กำหนดให้คาบของช่วงเวลาที่ช่องสัญญาณมีสภาพเลวและสภาพดีมีค่าเท่ากับ 6 วินาที และ 0.2 วินาที ตามลำดับ และอัตราการสูญหายที่เกิดขึ้นในช่องสัญญาณที่มีสภาพดีกำหนดให้มีการสูญหายของแพ็กเก็ตเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0.1% ถึง 10% ที่มีด้วยกัน 6 ค่า ส่วนอัตราการสูญหายที่เกิดขึ้นในช่องสัญญาณที่มีสภาพเลวมี 2 ค่า คือ 20% และ 40%

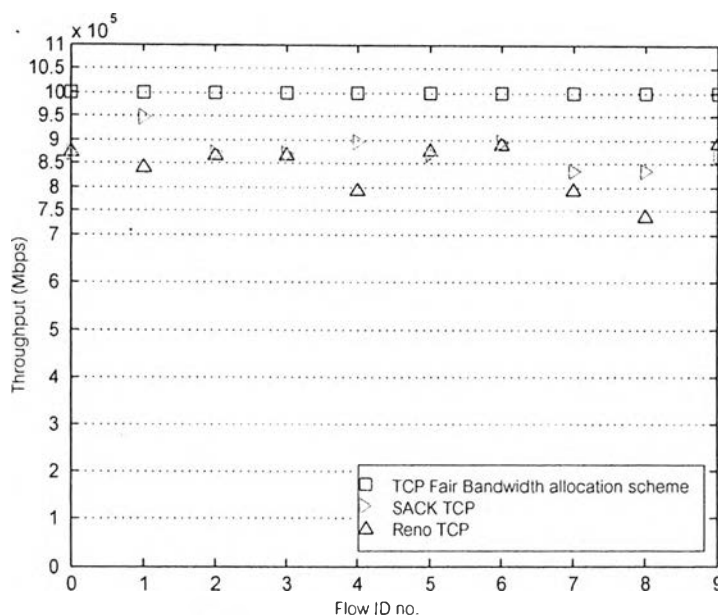
#### 4.2.1 การเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบที่ใช้โทโพโลยีแบบ Dumbell ในกรณีที่มีการเริ่มต้นในการส่งข้อมูลพร้อมกันและช่องสัญญาณทั้งหมดเป็นแบบช่องสัญญาณใช้สาย

การจำลองแบบในหัวข้อนี้ จะเป็นการจำลองแบบบนโทโพโลยีแบบ Dumbell ซึ่งเป็นโครงสร้างการเชื่อมต่อแบบพื้นฐาน สำหรับประเมินถึงสมรรถนะในการจัดสรรแบนด์วิดท์อย่างเรียบง่ายของ FBA TCP และ TCP รูปแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในปัจจุบัน รวมทั้งสามารถที่จะประเมินสมรรถนะในการควบคุมการทำงานของระบบแถวคอยบนเราเตอร์บริเวณคอขวดให้อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้โดยพิจารณาถึงการสูญหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากผลของความแออัดบริเวณคอขวด เพราะว่าการจำลองนี้ไม่มีการสูญหายเนื่องจากลักษณะของช่องสัญญาณไร้สาย เมื่อในการจำลองแบบเข้าสู่สถานะที่มีความเสถียรแล้ว ทูพของแต่ละโพล์ควรจะมีค่าเข้าสู่ 1 Mbps ทุก ๆ โพล์ โดยใช้ค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมในการส่งข้อมูลแต่ละรูปแบบ ซึ่งแสดงให้เห็นดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.4 จากตารางและรูปดังกล่าวจะเห็นว่าผลรวมอัตราการส่งแต่ละโพล์ของ FBA TCP มีค่าใกล้เคียงกับขนาดแบนด์วิดท์บริเวณคอขวดซึ่งมีค่าเท่ากับ 10 Mbps และจากการวัดความเท่าเทียมด้วยดัชนีของ Jain จะเห็นได้ว่าค่าดัชนีมีค่าใกล้เคียง 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า FBA TCP เป็นส่งข้อมูลโดยอาศัยการร้องขออัตราการส่งข้อมูลจากผู้ใช้งานเพื่อเราเตอร์กำหนดอัตราส่งข้อมูลที่เหมาะสมกับความแออัดในขณะนั้นซึ่งไม่ก่อให้เกิดความแออัดแก่โครงข่าย จะเห็นได้ว่าจะสามารถจัดสรรอัตราการส่งของแต่ละโพล์อย่างมีความเท่าเทียมมากกว่าอีก 2 รูปแบบที่มีส่งข้อมูลด้วยเทคนิค Reno TCP และ SACK TCP ทั้งนี้เป็นเพราะว่าการส่งข้อมูลด้วยเทคนิค Reno TCP และ SACK TCP ผู้ใช้แต่ละรายจะเพิ่มขนาดหน้าต่างในการส่งข้อมูลทุก ๆ รอบของค่าประวิงเวลาในการเข้าถึงข้อมูลจริง จนกระทั่งเกิดการสูญหายของข้อมูลจึงจะลดขนาด

หน้าต่างในการส่งข้อมูลลงเครื่องหนึ่งทุก ๆ ครั้ง ซึ่งจะเห็นได้จากค่าผลรวมของทราฟฟิคที่วัดได้บริเวณคอขวดของการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP, SACK TCP และ Reno TCP มีค่าเท่ากับ 9.98 Mbps 8.79 Mbps และ 8.43 Mbps ตามลำดับ จากการส่งข้อมูลทั้ง 3 วิธีที่กล่าวมาในโทโพโลยีที่มีช่องสัญญาณแบบใช้สาย และการสูญหายที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากความแออัดเพียงอย่างเดียว แสดงให้เห็นว่าวิธีการส่งข้อมูลด้วยวิธีด้วย FBA TCP สามารถจัดสรรอัตราส่งของแต่ละโพล์ได้อย่างเท่าเทียมเป็นอย่างดีและส่งผลให้อัตราการเข้าใช้ประโยชน์ของลิงก์บริเวณคอขวดมีค่าที่สูงเนื่องมาจากกรรมวิธีที่ให้ผู้ใช้งานร้องขออัตราการส่งผ่านทางแพ็กเก็ตและให้เราเตอร์ระหว่างทางทำการกำหนดอัตราการส่งที่เหมาะสมกับจำนวนผู้ใช้ในขณะนั้นและขนาดของลิงก์ตลอดเส้นทางที่นำไปสู่ผู้ใช้ปลายทาง การควบคุมอัตราอย่างชัดเจนจากต้นถึงปลายที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพการส่งข้อมูลของโครงข่ายไม่ถูกลดทอนเนื่องจากความแออัด

ตารางที่ 4.1 ขนาดทราฟฟิค (Thput) ของแต่ละโพล์และค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพโลยีแบบ Dumbell

Fid \ thput	FBA TCP (bps)	SACK TCP (bps)	Reno TCP (bps)
0	998320.0	871140.5	874152.3
1	998236.8	946819.2	839790.7
2	998236.8	872371.8	866880.6
3	998236.8	897032.3	867662.7
4	998320.0	871290.2	793315.2
5	998320.0	894602.9	875117.4
6	998236.8	871290.2	890825.6
7	998320.0	894602.9	794380.2
8	998320.0	834532.5	737521.3
9	998403.0	835996.8	893088.6
Jain's Index	0.999999997	0.998778241	0.988779607



รูปที่ 4.4 ค่าทราฟฟิคของแต่ละโฟลว์ของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพโลยีแบบ Dumbell ในกรณีที่มีช่องสัญญาณทั้งหมดเป็นช่องสัญญาณไร้สาย

#### 4.2.2 การเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบที่ใช้โทโพโลยีแบบ Parking Lot ในกรณีที่มีการเริ่มต้นในการส่งข้อมูลพร้อมกันและช่องสัญญาณทั้งหมดเป็นแบบช่องสัญญาณไร้สาย

การจำลองแบบในหัวข้อนี้เป็นการจำลองด้วยโทโพโลยีแบบ Parking Lot จะเป็นการประเมินประสิทธิภาพของ FBA TCP รวมทั้ง TCP รูปแบบต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตรงบริเวณคอขวดระหว่างเราเตอร์หมายเลข 3 กับเราเตอร์หมายเลข 4 โดยการจำลองนี้ไม่มีการสูญหายเนื่องจากลักษณะของช่องสัญญาณไร้สาย เนื่องจากต้องการแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของวิธีที่ได้นำเสนอและผลกระทบของโทโพโลยีแบบ Parking Lot ต่อเทคนิคการส่งข้อมูลด้วยเทคนิคต่าง ๆ เมื่อระบบเข้าสู่สถานะที่มีความเสถียรทราฟฟิคเฉลี่ยของแต่ละโฟลว์ควรจะมีค่าเข้าสู่ 1 Mbps ทุก ๆ โฟลว์เมื่อพิจารณาด้วยความเท่าเทียมในการส่งข้อมูลผ่านบริเวณที่เป็นคอขวดของโครงข่าย จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.5 จะเห็นว่าการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP ยังคงสามารถจัดสรรแบนด์วิดท์ให้แต่ละโฟลว์ได้อย่างเท่าเทียมกัน และผลรวมของอัตราการส่งแบนด์วิดท์ที่วัดบริเวณคอขวดซึ่งมีค่าเข้าใกล้เพียง 10 Mbps และจากการวัดค่าความเท่าเทียมด้วยดัชนีของ Jain จะเห็นได้ว่ามีค่าที่ใกล้เคียง 1 มาก ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP สามารถจัดสรรอัตราของแต่ละโฟลว์ได้เป็นอย่างดีเมื่อเทียบกับการส่งข้อมูลของ Reno TCP และ SACK TCP เพราะว่าการส่งข้อมูลด้วยสองวิธีดังกล่าวนี้ผู้ใช้ในกลุ่มที่หนึ่งตามที่ได้อธิบายถึงรายละเอียดในหัวข้อ 4.1.2 ในบริเวณคอขวดระหว่างเราเตอร์หมายเลข 1 กับเราเตอร์หมายเลข 2 แต่ละโฟลว์ในกลุ่มนี้ถูกส่งผ่านด้วยขนาดที่มากที่สุดเท่าที่ขนาดของระบบแถวคอยและลิงก์ระหว่างเราเตอร์ทั้งสองสามารถรองรับได้

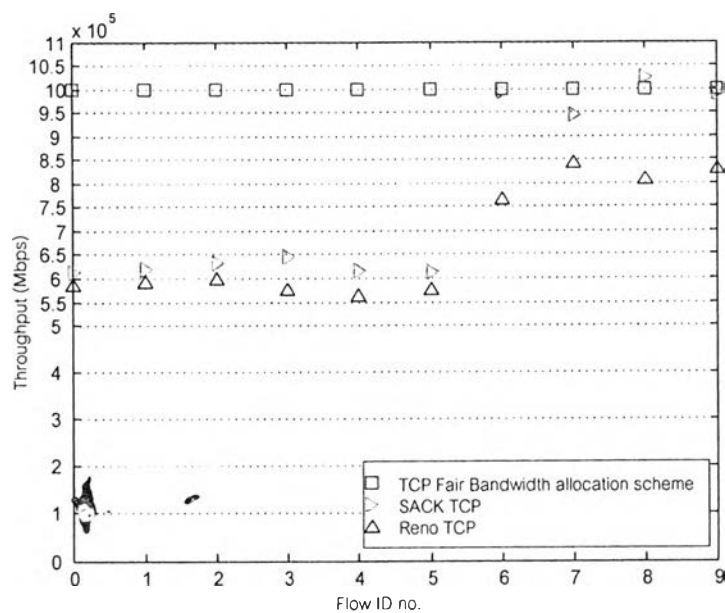


ดังนั้นเมื่อแพ็กเก็ตข้อมูลในกลุ่มที่หนึ่งนั้นผ่านมายังบริเวณของคอขวดระหว่างเราเตอร์หมายเลข 3 กับเราเตอร์หมายเลข 4 ซึ่งมีขนาดที่เล็กกว่ารวมทั้งมีแพ็กเก็ตข้อมูลของผู้ใช้ในกลุ่มที่ 2 ถูกส่งผ่านอยู่ก่อนแล้วเป็นเพราะว่าผู้ใช้ในกลุ่มนี้มีค่าประวิงเวลาในการเข้าถึงข้อมูลจริงที่น้อยกว่าผู้ใช้ในกลุ่มที่ 1 เป็นเหตุให้แพ็กเก็ตข้อมูลของผู้ใช้ในกลุ่มที่ 1 นั้นจึงถูกละทิ้งในส่วนของคอขวดถึงสองบริเวณ และส่งผลให้อัตราการส่งข้อมูลโดยเฉลี่ยของผู้ใช้แต่ละโพล์ในการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และ Reno TCP ถูกลดทอนลง แต่อัตราการส่งของ FBA TCP ในผู้ใช้กลุ่มที่ 1 นั้นหลังจากที่แพ็กเก็ตที่ร้องขอออกไปในตอนเริ่มต้นส่งข้อมูลผ่านมาถึงเราเตอร์หมายเลข 3 จะถูกกำหนดให้มีอัตราการส่งที่มีขนาดที่เท่ากับกับกลุ่มที่ 2 แต่ถ้ายังคงกำหนดให้มีขนาดเท่ากับค่าเดิมที่เราเตอร์หมายเลข 2 กำหนดให้จะทำให้เกิดความแออัดในคอขวดตรงส่วนนั้นทันที

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.5 จะสังเกตเห็นได้ว่าทรูพู่ทของผู้ใช้ในกลุ่มที่ 1 มีขนาดที่ต่างจากกลุ่มที่ 2 อย่างชัดเจน เพราะเป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มขนาดหน้าต่างในการส่งข้อมูลจนกว่าจะเกิดการสูญหายเพื่อหาขนาดหน้าต่างที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดการเพิ่มความแออัดในโครงข่ายโดยไม่เจตนา จึงทำให้ค่าดัชนีของ Jain ที่คำนวณได้แสดงถึงการจัดสรรแบนด์วิดท์โดยรวมมีค่าค่อนข้างต่ำกว่าการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP และผลของพฤติกรรมที่กล่าวมาเป็นเหตุให้ผลรวมของทรูพู่ทที่วัดได้บริเวณคอขวดของการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP SACK TCP และ Reno TCP มีค่าเท่ากับ 9.98 Mbps 6.77 Mbps และ 6.75 Mbps ตามลำดับ จากการส่งข้อมูลทั้ง 3 วิธีที่กล่าวมาในโทโพโลยี Parking Lot ที่มีช่องสัญญาณแบบใช้สาย และการสูญหายที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากความแออัดเพียงอย่างเดียว แสดงให้เห็นว่าวิธีที่ได้นำเสนอสามารถจัดสรรแบนด์วิดท์ของแต่ละโพล์ได้อย่างเท่าเทียมกันและยังคงรักษาอัตราการส่งข้อมูลระหว่างคอขวดให้มีอัตราการเข้าใช้ประโยชน์ที่สูงได้เป็นอย่างดี ถึงแม้จะมีแบนด์วิดท์ของคอขวดระหว่างเราเตอร์คู่ที่สองมาจำกัดอัตราการส่งของผู้ใช้ทั้งหมด

ตารางที่ 4.2 ขนาดทราฟฟิค (Thput) ของแต่ละโฟลว์และค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพลยีแบบ Parking Lot

Fid \ thput	FBA TCP (bps)	SACK TCP (bps)	Reno TCP (bps)
0	997820.8	613037.4	582852.5
1	997654.4	620425.6	589392.0
2	997737.6	631591.0	596364.2
3	997737.6	645685.1	573700.5
4	997820.8	617197.4	562468.5
5	997820.8	612821.1	573667.2
6	998736.0	993810.6	762913.9
7	998819.2	945554.6	840556.2
8	998819.2	102517,7	840556.2
9	998902.4	987836.8	828492.2
Jain's Index	0.999999765	0.948226458	0.971754863



รูปที่ 4.5 ค่าทราฟฟิคของแต่ละโฟลว์ของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพลยีแบบ Parking Lot ในกรณีที่ช่องสัญญาณทั้งหมดเป็นช่องสัญญาณแบบใช้สาย

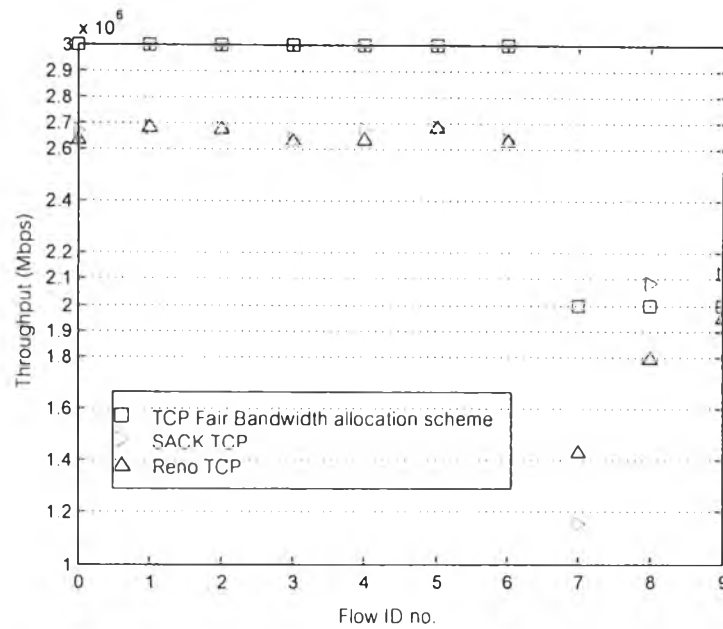
#### 4.2.3 การเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบที่ใช้โทโพลยีแบบ Upstream ในกรณีที่มีการเริ่มต้นในการส่งข้อมูลพร้อมกันทั้งหมดและช่องสัญญาณทั้งหมดเป็นแบบช่องสัญญาณใช้สาย

การจำลองแบบในส่วนนี้เป็นการจำลองแบบบนโทโพลยีที่มีเชื่อมต่อแบบ Upstream ที่มีแหล่งกำเนิดข้อมูลทั้งหมดมีการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลตั้งแต่เริ่มต้นของการทดสอบด้วยช่องสัญญาณที่เป็นแบบใช้สายทั้งหมด โดยแบ่งแหล่งกำเนิดข้อมูลออกเป็นกลุ่มได้ 3 กลุ่มตามรูปแบบของการเชื่อมต่อของเราเตอร์ โดยแหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มที่ 1 คือกลุ่มของแหล่งกำเนิดข้อมูลที่มีการเชื่อมต่อโดยตรงกับเราเตอร์หมายเลข 1 และข้อมูลที่ส่งโดยผู้ใช้ในกลุ่มนี้จะผ่านบริเวณคอขวดที่อยู่ระหว่างเราเตอร์หมายเลข 1 กับเราเตอร์หมายเลข 2 ที่มีขนาดเท่ากับ 23 *Mbps* เพื่อส่งผ่านไปยังอุปกรณ์ปลายทางของผู้ใช้ในกลุ่มนี้ที่ต่อตรงกับเราเตอร์หมายเลข 2 แหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มที่ 2 คือกลุ่มของแหล่งกำเนิดข้อมูลที่มีการเชื่อมต่อโดยผ่านเราเตอร์หมายเลข 3 และมีบริเวณคอขวดระหว่างเราเตอร์หมายเลข 3 กับเราเตอร์หมายเลข 4 ที่มีขนาดเท่ากับ 6 *Mbps* และอุปกรณ์ปลายทางของผู้ใช้ในกลุ่มนี้ต่อตรงกับเราเตอร์หมายเลข 4 และแหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มสุดท้ายต่อตรงอยู่กับเราเตอร์หมายเลข 1 และอุปกรณ์ปลายทางของผู้ใช้ในกลุ่มนี้จะต่อตรงกับเราเตอร์หมายเลข 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าผู้ใช้ในกลุ่มนี้จะผ่านบริเวณคอขวดถึง 2 ตำแหน่งด้วยกันโดยมีคอขวดระหว่างเราเตอร์หมายเลข 3 กับเราเตอร์หมายเลข 4 เป็นตัวกำหนดแบนด์วิดท์ที่เล็กที่สุดเมื่อพิจารณาด้วยการจัดสรรแบนด์วิดท์ด้วยความเท่าเทียม โดยที่การทดสอบนี้เป็นการศึกษาถึงผลกระทบต่อการค่าประวิงเวลาจริงที่มีค่าแตกต่างกันต่อการจัดสรรแบนด์วิดท์และการจัดสรรแบนด์วิดท์ส่วนที่เหลือจากผู้ใช้งานรายอื่น ๆ ที่ไม่สามารถใช้งานตามที่เราเตอร์ในส่วนนั้นจัดสรรมาได้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากผลของคอขวดหรือลิงก์ระหว่างเส้นทางที่แพ็กเก็ตข้อมูลของแหล่งกำเนิดข้อมูลรายนั้นส่งผ่าน ตารางที่ 4.3 แสดงขนาดทรูพุทของแต่โพล์และค่าดัชนีของ Jain ของแหล่งกำเนิดทั้งหมด โดยแบ่งผู้ใช้ทั้งหมดออกเป็นกลุ่ม ๆ ซึ่งผู้ใช้ในกลุ่มที่ 1 จะแสดงด้วยหมายเลขประจำตัวของแต่ละโพล์ตั้งแต่หมายเลข 0 ถึงหมายเลข 6 ผู้ใช้ในกลุ่มที่ 2 หมายเลขประจำตัวคือหมายเลข 8 และหมายเลข 9 ส่วนหมายเลขประจำตัวของผู้ใช้ในกลุ่มสุดท้ายแสดงด้วยหมายเลข 7 โดยค่าดัชนีของ Jain ในส่วนแรกคำนวณจากขนาดของแบนด์วิดท์ของผู้ใช้ในกลุ่มที่ 1 ทั้งหมด และค่าดัชนีของ Jain ในส่วนที่สองคำนวณจากขนาดของแบนด์วิดท์ของผู้ใช้ในกลุ่มที่ 2 ร่วมกับผู้ใช้ในกลุ่มที่ 3 จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP ทั้งสามกลุ่มนอกจากที่จะให้ค่าดัชนีของ Jain ที่สูงแล้ว ยังให้ค่าทรูพุทของผู้ใช้แต่ละกลุ่มยังมีค่าสูงและให้ utilization ค่าที่สูงแก่คอขวดที่ข้อมูลเหล่านั้นวิ่งผ่าน เมื่อพิจารณาการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และ Reno TCP ถึงแม้ว่าอัตราการส่งข้อมูลของ SACK TCP และ Reno TCP ในกลุ่มที่ 1 มีค่าดัชนีของ Jain บ่งชี้ให้เห็นการจัดสรรแบนด์วิดท์ด้วยความเท่าเทียมมีประสิทธิภาพได้

อย่างดี แต่อย่างไรก็ตามมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP แต่ค่าดัชนีของ Jain และทรูพุกของและไฟล์วีของกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ในการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และ Reno TCP นั้น แสดงให้เห็นถึงการจัดสรรแบนด์วิดท์ในคอขวดระหว่างเราเตอร์หมายเลข 3 กับเราเตอร์หมายเลข 4 เมื่อผู้ใช้ในกลุ่มที่ 3 มีค่าประวิงเวลาที่แตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ มีประสิทธิภาพในการจัดสรรที่จัดว่าแย่ จากที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการทดสอบบนช่องสัญญาณที่เป็นโครงข่ายแบบใช้สายเพียงอย่างเดียว เพื่อจะพิจารณาเฉพาะการสูญหายที่เกิดจากความแออัดที่มีต่อรูปแบบการส่งข้อมูลด้วยวิธีต่าง ๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP สามารถที่จัดสรรแบนด์วิดท์แก่ผู้ใช้ในกลุ่มต่าง ๆ ได้อย่างเท่าเทียมและการกระทำเช่นนี้ส่งผลทรูพุกของผู้ใช้ทั้งหมดมีค่าที่สูงกว่าการส่งข้อมูลด้วยวิธี SACK TCP และ Reno TCP ถึงแม้ว่าจะมีผู้ใช้รายหนึ่งที่ค่าประวิงเวลาจริงในการเข้าถึงข้อมูลมากกว่าผู้ใช้รายอื่น ๆ ส่งข้อมูลผ่านโครงข่ายแต่การกระทำเช่นนี้ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบใด ๆ แก่การทดสอบในโครงข่ายที่มีช่องสัญญาณทั้งหมดเป็นแบบใช้สาย

ตารางที่ 4.3 ขนาดทรูพุก (Thput) ของแต่ละไฟล์วีและค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพโลยีแบบ Upstream

Fid \ thput	FBA TCP (bps)	SACK TCP (bps)	Reno TCP (bps)
0	2998370	2672188	2635663
1	2995037	2678511	2679842
2	2995037	2673069	2673053
3	2995203	2633450	2627043
4	2995370	2672770	2635779
5	2995453	2681206	2680108
6	2995037	2632950	2630987
Jain's Index	1.00	0.999947	0.999926
7	1995306	1156849	1427416
8	1997968	2083398	1794694
9	1998051	2117859	1947382
Jain's Index	0.9999996	0.941519	0.984216



รูปที่ 4.6 ค่าทราฟฟิคของแต่ละโฟลว์ของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพโลยีแบบ Upstream ในกรณีที่ช่องสัญญาณทั้งหมดเป็นช่องสัญญาณไร้สาย

4.2.4 การเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบที่ใช้โทโพโลยีแบบ Dumbell ในกรณีที่มีการเริ่มต้นในการส่งข้อมูลพร้อมกันและช่องสัญญาณสุดท้ายเป็นช่องสัญญาณไร้สาย และช่องสัญญาณสถานะเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20% และ 40%

การจำลองแบบในส่วนี้เป็นการจำลองแบบบนช่องสัญญาณสุดท้ายที่เป็นแบบช่องสัญญาณไร้สายด้วยโทโพโลยีแบบ Dumbell ที่มีขนาดของช่องสัญญาณเท่ากับ 1 Mbps และอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะเลวมีค่าเท่ากับ 20% และ 40% ซึ่งมีอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีมีค่าเท่ากับ 0.1% 2% 4% 6% 8% และ 10% ตามลำดับ ที่มีรูปแบบของการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP ร่วมกับโพรโทคอลสนูปรูปแบบใหม่ และการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และ Reno TCP ในกรณีที่ทำงานร่วมกับโพรโทคอลสนูปและในกรณีที่ไม่มีโพรโทคอลสนูปร่วมทำงานด้วย จากรูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.10 แสดงถึงอัตราการส่งโดยรวมของผู้ใช้ทั้งหมดที่อัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีมีค่าต่าง ๆ กัน โดยวิธีการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP เมื่อทำงานร่วมกับโพรโทคอลสนูปรูปแบบใหม่สามารถที่จัดการปัญหาที่เกิดขึ้นในช่องสัญญาณไร้สายได้มีประสิทธิภาพกว่าการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และ Reno TCP ได้ทุก ๆ อัตราการสูญหายที่เกิดขึ้นในกรณีเมื่อทำงานร่วมกับโพรโทคอลสนูปและรวมถึงกรณีที่ไม่มีโพรโทคอลสนูปร่วมทำงานด้วย จากการเปรียบเทียบอัตราการส่งข้อมูลแต่ละรูปแบบนอกเหนือจากการส่งข้อมูล FBA TCP แสดงให้เห็นถึงการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP เมื่อทำงานร่วมกับโพรโทคอลสนูป ให้ประสิทธิภาพที่ต่ำกว่า Reno TCP เมื่อทำงานร่วมกับโพรโทคอลสนูป และการส่งข้อมูล

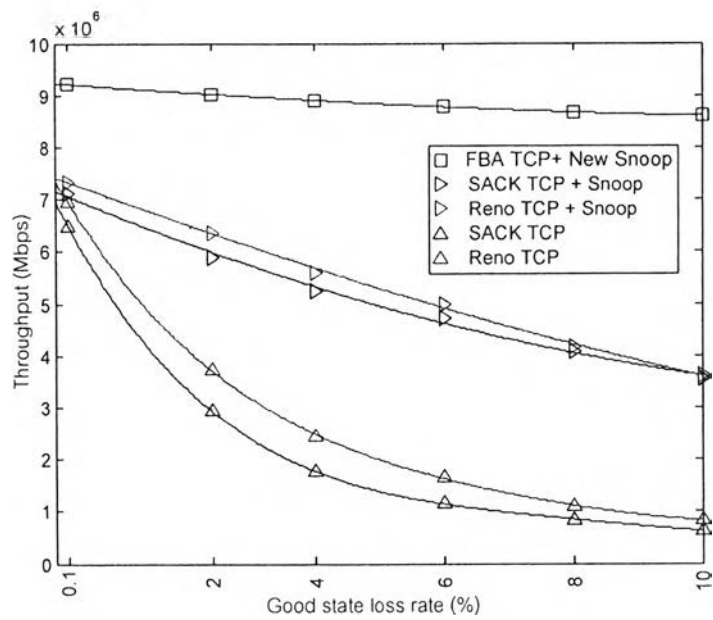


ด้วย SACK TCP และ Reno TCP เมื่อไม่มีโพรโทคอลสนับปร่วมทำงานด้วยตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาถึงขนาดของสนับปรूपเฟอร์ของการส่งข้อมูลแต่ละรูปแบบเมื่อทำงานร่วมกับโพรโทคอลสนับปรูปแบบที่ 4.9 และรูปที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าขนาดการใช้งานเฉลี่ยของสนับปรूपเฟอร์ในการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP เมื่ออัตราการสูญหายของช่องสัญญาณในสถานะดียังอยู่ในระดับที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 8% เปรียบเทียบกับรูปแบบของการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และ Reno TCP จะเห็นได้ว่าขนาดของการใช้งานบัพเฟอร์ของโพรโทคอลสนับปรูปแบบใหม่ของ FBA TCP นั้นมีค่าน้อยกว่าประมาณ 50-20 แพ็กเก็ตขึ้นอยู่กับอัตราการสูญหายที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 30-10 แพ็กเก็ตเมื่อเปรียบเทียบกับ Reno TCP แต่เมื่ออัตราการสูญหายของช่องสัญญาณมีค่ามากกว่า 8% ขนาดของสนับปรूपเฟอร์ของโพรโทคอลสนับปรูปแบบใหม่ด้วยการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP มีค่ามากกว่าการส่งข้อมูลอีกสองรูปแบบอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นระดับการใช้งานสนับปรूपเฟอร์ในการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP นั้น จะมีความเพิ่มขึ้นตามอัตราการสูญหาย ส่วนระดับการใช้งานของสนับปรूपเฟอร์ในการส่งข้อมูลของ SACK TCP จะมีค่าลดลงเมื่ออัตราการสูญหายเพิ่มมากขึ้น แต่ในการส่งข้อมูลด้วย Reno TCP จะมีความต้องการในระดับค่อนข้างคงที่เมื่ออัตราการสูญหายเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากว่าการส่งข้อมูลด้วย Reno TCP เมื่อมีการสูญหายในส่วนหนึ่งของช่องสัญญาณไร้สายประกอบกับการสูญหายเนื่องจากความแออัด การกู้คืนข้อมูลไม่สามารถทำได้มีประสิทธิภาพกว่าการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP จึงเป็นเหตุให้ขนาดของสนับปรूपเฟอร์มีขนาดค่อนข้างคงที่เพราะจะมีการส่งข้อมูลที่สูญหายซ้ำจากผู้ใช้ต้นทางอีกครั้งโดยอาศัยช่องสัญญาณที่มีอยู่อย่างจำกัดซึ่งทำให้แพ็กเก็ตข้อมูลที่มีลำดับหมายเลขใหม่ถูกส่งออกมาช้ากว่าด้วยอัตราการส่งที่มีค่าน้อยลงทุก ๆ ครั้งที่มีการตรวจจับว่ามีการสูญหาย ดังนั้นการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP เมื่อทำงานร่วมกับโพรโทคอลสนับปรูปแบบใหม่ที่ได้นำเสนอสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพที่ถูกลดทอนเนื่องจากลักษณะของช่องสัญญาณไร้สายได้เป็นอย่างดีบนโครงร่างการเชื่อมต่อแบบ Dumbell แต่ในกรณีที่อัตราการสูญหายในส่วนหนึ่งของช่องสัญญาณไร้สายมีค่าเพิ่มมากขึ้น การส่งข้อมูลด้วย FBA TCP ต้องการขนาดของสนับปรूपเฟอร์มากขึ้นตามไปด้วย เพื่อรองรับแพ็กเก็ตทั้งหมดที่ถูกเก็บอยู่ในสนับปรूपเฟอร์ แต่ยังไม่ได้รับการตอบรับจากผู้ปลายทางเนื่องจากอยู่ในระหว่างรอการกู้คืนหรือการตอบรับ แต่เมื่อพิจารณาทางด้านการจัดสรรแบนด์วิดท์อย่างเท่าเทียมด้วยดัชนีของ Jain ดังตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5 ร่วมกับรูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.11 ซึ่งจะเป็นค่าดัชนีของ Jain และอัตราการส่งของผู้ใช้แต่ละรายในกรณีที่อัตราการสูญหายของช่องสัญญาณไร้สายสถานะเลวมีค่าเท่า 20% และ 40% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลด้วยรูปแบบ FBA TCP ผู้ใช้แต่ละรายจะถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม ทั้งนี้เป็นเพราะว่าการส่งข้อมูลบนพื้นฐานของ TCP เป็นการส่งข้อมูลที่ใช้อาศัยการตอบรับของแพ็กเก็ตและขนาดของหน้าต่างในการส่งข้อมูลในการกำหนดอัตราการส่ง ดังนั้นการสูญหาย

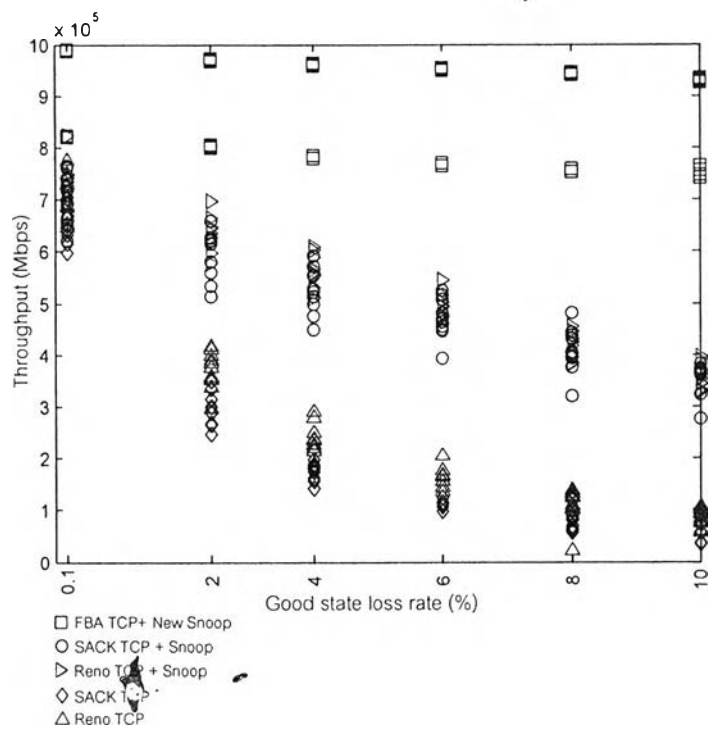
ในช่วงของช่องสัญญาณไร้สายนั้น บางครั้งอาจก่อให้เกิดการสูญหายในลักษณะที่มีความต่อเนื่องมากกว่าผู้ใช้อีกกลุ่มหนึ่งในขณะที่รอการกู้คืนจึงทำให้เกิดการขาดช่วงและจำนวนแพ็กเก็ตที่อยู่ในระบบของผู้ใช้แต่ละโพล์มีขนาดเท่ากับขนาดหน้าต่างในการส่งข้อมูลที่คำนวณได้ตามกลไกของการควบคุมอัตราอย่างชัดเจนจากปลายถึงปลาย ส่งผลให้ผู้ใช้ต้นทางรับการส่งออกของข้อมูลจนกระทั่งขนาดแพ็กเก็ตที่อยู่ในระบบจะมีขนาดน้อยกว่าขนาดหน้าต่างในการส่งข้อมูลส่งผลให้อัตราการส่งข้อมูลของผู้ใช้แต่ละโพล์ถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม แต่เมื่อพิจารณาอัตราการส่งโดยรวมจะเห็นว่าอัตราการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP ของกลุ่มที่อัตราการส่งน้อยกว่าอีกกลุ่มหนึ่ง ยังคงให้อัตราการส่งที่สูงกว่าการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และ Reno TCP ในกรณีที่มีโพรโทคอลสnoopทำงานร่วมด้วยและในกรณีที่ไม่มีโพรโทคอลสnoopร่วมทำงาน

ตารางที่ 4.4 ค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโพล์ไอบีแบบ Dumbell ที่ช่องสัญญาณสถานะเลวม้อัตราการสูญหายมีค่าเท่ากับ 20% และที่อัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีมีค่าต่าง ๆ

Jain's Index Loss rate (%)	FBA TCP	Snoop		No Snoop	
		SACK TCP	Reno TCP	Sack TCP	Reno TCP
0.1	0.992146	0.99723	0.996108	0.996321	0.997545
2	0.991687	0.99764	0.994403	0.991539	0.988769
4	0.990603	0.996991	0.993609	0.991159	0.990428
6	0.989737	0.996899	0.993722	0.988257	0.995813
8	0.988749	0.996826	0.989650	0.923362	0.959977
10	0.989720	0.996584	0.993110	0.966510	0.933460

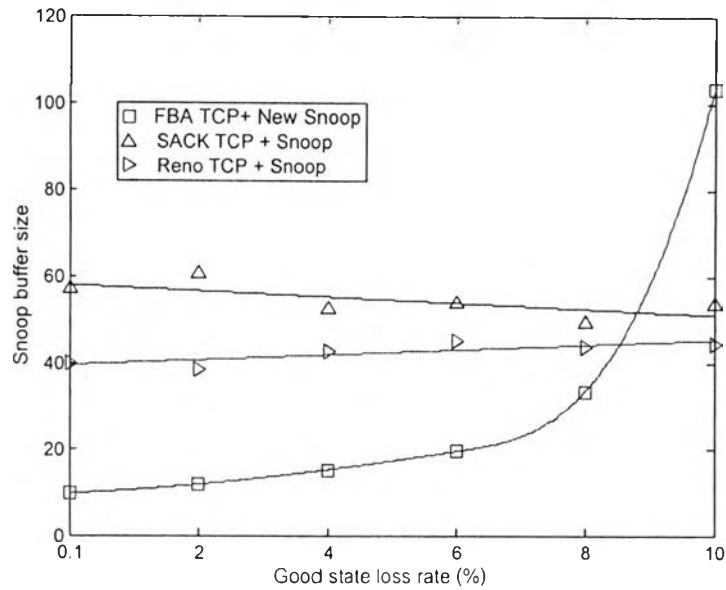


รูปที่ 4.7 อัตราการส่งข้อมูลโดยรวมเมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน



รูปที่ 4.8 อัตราการส่งข้อมูลของแต่ละไฟล์เมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน

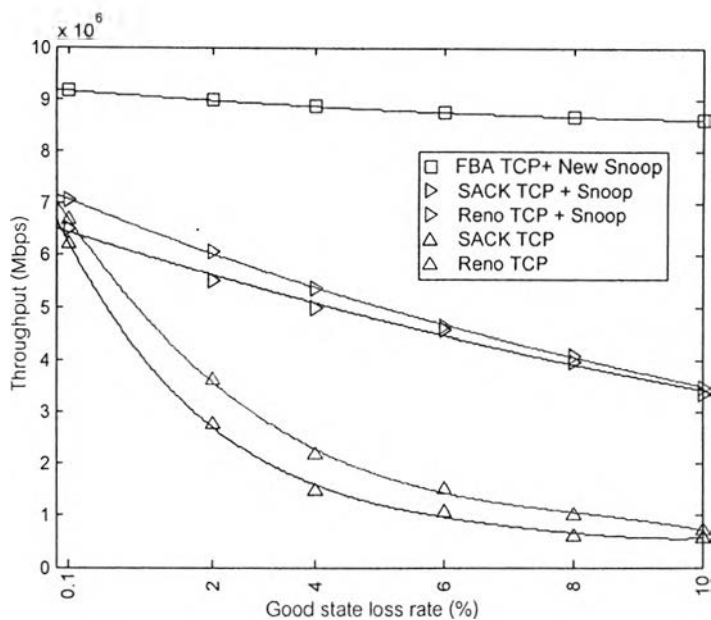




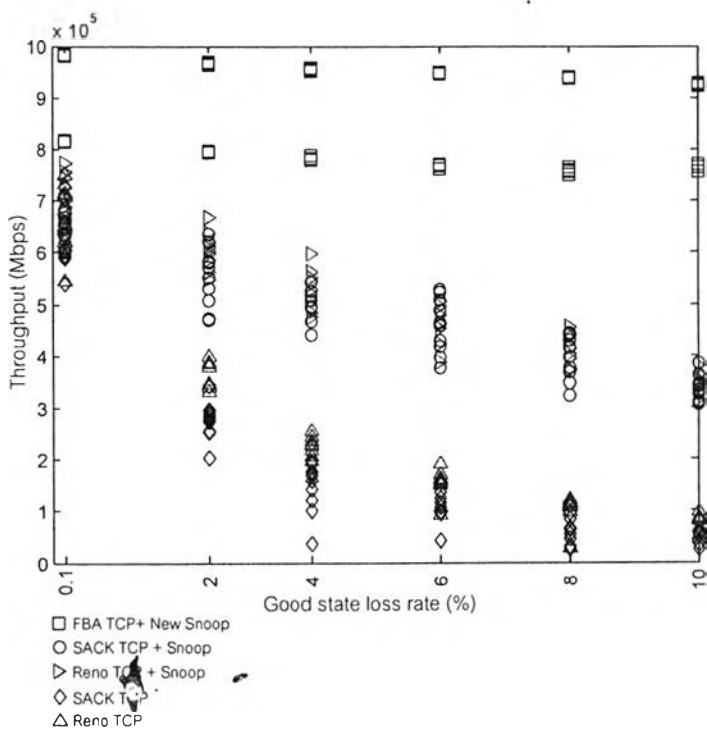
รูปที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยขนาดบัฟเฟอร์ของสนูปในกรณีที่สถานะช่องสัญญาณมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20%

ตารางที่ 4.5 ค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพโลยีแบบ Dumbell ที่ช่องสัญญาณสถานะเลวมีอัตราการสูญหายมีค่าเท่ากับ 40% และอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีมีค่าต่าง ๆ

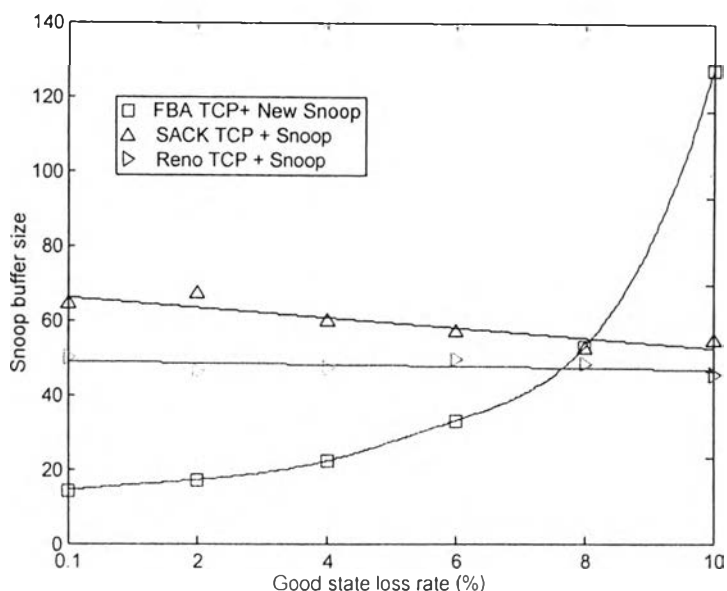
Jain's Index Loss rate (%)	FBA TCP	Snoop		No Snoop	
		SACK TCP	Reno TCP	Sack TCP	Reno TCP
0.1	0.992146	0.996816	0.996588	0.992011	0.994445
2	0.991517	0.997043	0.990069	0.994629	0.984918
4	0.990926	0.995387	0.996988	0.987711	0.910038
6	0.990038	0.994190	0.987941	0.965862	0.945760
8	0.989506	0.995515	0.990747	0.939966	0.870492
10	0.991590	0.997930	0.995228	0.948577	0.918669



รูปที่ 4.10 อัตราการส่งข้อมูลโดยรวมเมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 40% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน



รูปที่ 4.11 อัตราการส่งข้อมูลของแต่ละโพล์เมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 40% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน



รูปที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยขนาดบัฟเฟอร์ของสnoopในกรณีที่สถานะช่องสัญญาณมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 40%

4.2.5 การเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบที่ใช้โทโพลยีแบบ Parking Lot ในกรณีที่มีการเริ่มต้นในการส่งข้อมูลพร้อมกันและช่องสัญญาณสุดท้ายเป็นช่องสัญญาณไร้สายและช่องสัญญาณสถานะเลมมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20% และ 40%

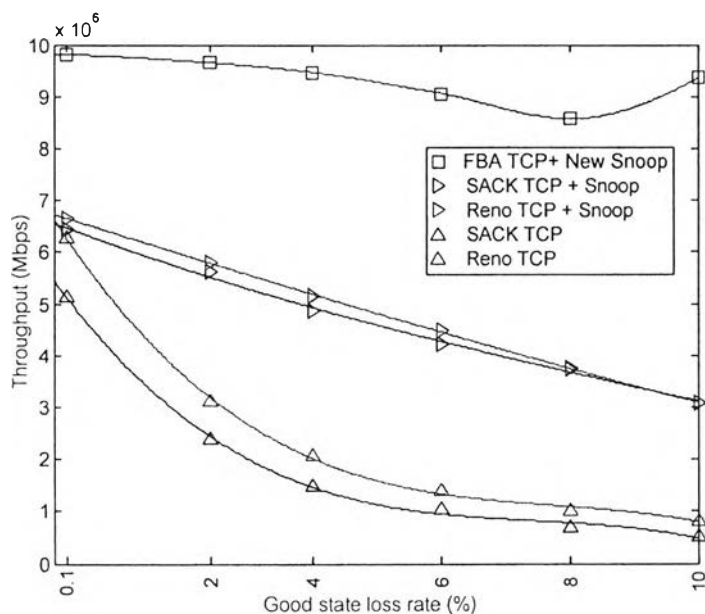
การจำลองแบบในส่วนนี้เป็นการจำลองแบบที่มีช่องสัญญาณสุดท้ายที่เป็นแบบช่องสัญญาณไร้สายด้วยโทโพลยีแบบ Parking Lot ที่มีขนาดของช่องสัญญาณเท่ากับ 1 Mbps และอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะเลมมีค่าเท่ากับ 20% และ 40% และอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีมีค่าเท่ากับ 0.1% 2% 4% 6% 8% และ 10% ตามลำดับ ที่ประกอบไปด้วยรูปแบบของการส่งข้อมูลด้วยวิธีด้วย FBA TCP ตามที่ได้เสนอเมื่อทำงานร่วมกับโพรโทคอลสnoopรูปแบบใหม่ และรูปแบบการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และ Reno TCP ในกรณีที่ทำงานร่วมกับโพรโทคอลสnoopและในกรณีที่ไม่มีโพรโทคอลสnoopร่วมทำงานด้วยตามลำดับ ในส่วนของการทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบในการพิจารณาความเท่าเทียมในการจัดสรรแบนด์วิดท์บริเวณคอขวดระหว่างเราเตอร์หมายเลข 3 กับเราเตอร์หมายเลข 4 และทราฟฟิกของแต่ละรูปแบบการส่งข้อมูลเมื่อมีช่องสัญญาณในช่องสัญญาณสุดท้ายเป็นแบบไร้สาย ที่ผู้ใช้ทั้งหมดถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามรูปแบบการเชื่อมต่อของโครงร่างที่พิจารณา จากรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.16 ได้แสดงถึงขนาดของทราฟฟิกโดยรวมของผู้ใช้ทั้งหมดที่อัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีที่ค่าต่าง ๆ กัน ด้วยวิธีการส่งข้อมูลแบบ FBA TCP เช่นเดียวกับการจำลองแบบในหัวข้อที่ผ่านมา เมื่อ FBA TCP ทำงานร่วมกับโพรโทคอลสnoopรูปแบบใหม่สามารถที่จัดการปัญหาที่เกิดขึ้นใน

ช่องสัญญาณไร้สายเนื่องจากคุณลักษณะของช่องสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพว่าการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และ Reno TCP ได้ทุก ๆ อัตราการสูญหายที่เกิดขึ้นทั้งในกรณีเมื่อทำงานร่วมกับโพรโทคอลสลับและรวมถึงกรณีที่ไม่มีโพรโทคอลสลับร่วมทำงานด้วย จากการเปรียบเทียบอัตราการส่งของข้อมูลแต่ละรูปแบบนอกเหนือจากการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP แสดงให้เห็นถึงการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP เมื่อทำงานร่วมกับโพรโทคอลสลับ ให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า Reno TCP เมื่อทำงานร่วมกับโพรโทคอลสลับ และ SACK TCP และ Reno TCP เมื่อไม่มีโพรโทคอลสลับร่วมทำงานด้วยตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาถึงขนาดของสลับบัฟเฟอร์ของการส่งข้อมูลแต่ละรูปแบบเมื่อทำงานร่วมกับโพรโทคอลสลับตามรูปที่ 4.15 และรูปที่ 4.18 จะเห็นได้ว่าขนาดการใช้งานเฉลี่ยของสลับบัฟเฟอร์ในการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบของการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และ Reno TCP จะเห็นได้ว่าระดับการใช้งานบัฟเฟอร์ของสลับบัฟเฟอร์นั้นมีค่าน้อยกว่าอยู่ในช่วงประมาณ 50 แพ็กเก็ตในขณะที่อัตราการสูญหายยังมีค่าน้อย ๆ และมีขนาดการใช้งานเฉลี่ยของสลับบัฟเฟอร์ในการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งที่อัตราการสูญหายของช่องสัญญาณไร้สายในสถานะดีมีค่าเท่ากับ 10 % ขนาดการใช้งานเฉลี่ยของสลับบัฟเฟอร์ของการส่งด้วย FBA TCP มีค่าใกล้เคียงกับขนาดการใช้งานเฉลี่ยของสลับบัฟเฟอร์ของการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP ซึ่งมีลักษณะลดลงเมื่ออัตราการสูญหายเพิ่มมากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดการใช้งานเฉลี่ยของสลับบัฟเฟอร์ในการส่งข้อมูลด้วย Reno TCP จะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับกรณีของ SACK TCP ซึ่งในช่วงที่มีอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณไร้สายค่าต่ำ ๆ นั้น ขนาดการใช้งานเฉลี่ยของสลับบัฟเฟอร์ของวิธีที่ได้นำเสนอไปนั้นมีค่าน้อยกว่าซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 35 แพ็กเก็ต ซึ่งขนาดการใช้งานเฉลี่ยของสลับบัฟเฟอร์ของทั้งคู่มีลักษณะในทิศทางที่เพิ่มขึ้นแต่ในส่วนของ การส่งข้อมูลด้วย FBA TCP ที่ทำงานร่วมกับโพรโทคอลสลับรูปแบบใหม่ตามที่เสนอไว้จะมีลักษณะการเพิ่มขึ้นแบบ exponential แต่รูปแบบการเพิ่มขึ้นของการส่งข้อมูลด้วย Reno TCP จะมีลักษณะการเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง และขนาดการใช้งานเฉลี่ยของสลับบัฟเฟอร์ในการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP จะมีค่ามากกว่าขนาดการใช้งานเฉลี่ยของสลับบัฟเฟอร์ในการส่งข้อมูลด้วย Reno TCP ประมาณ 10 แพ็กเก็ต ดังนั้นบนโทโพโลยีแบบ Parking Lot นี้การส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และ Reno TCP เมื่อทำงานร่วมกับโพรโทคอลสลับมีความต้องการขนาดของสลับบัฟเฟอร์มากกว่าการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP และรวมไปถึงการส่งข้อมูลบนโทโพโลยีแบบ Dumbell แต่เมื่อพิจารณาสมรรถนะด้านการจัดสรรแบนด์วิดท์อย่างเท่าเทียมด้วยดัชนีของ Jain ดังตารางที่ 4.6 ตารางที่ 4.7 รูปที่ 4.14 และรูปที่ 4.17 จะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลด้วยรูปแบบ FBA TCP สามารถจัดสรรได้อย่างเท่าเทียมมากกว่าการส่งข้อมูลด้วยรูปแบบอื่น ถึงแม้ว่าในอัตราการสูญหายที่มีค่าสูง ๆ การจัดสรรแบนด์วิดท์ให้แก่ผู้ใช้บางรายได้ไม่ดีเท่าที่ควร เป็นผลเนื่องมาจากการสูญหายในช่องสัญญาณไร้สายที่ก่อให้เกิดแพ็กเก็ตสูญหาย

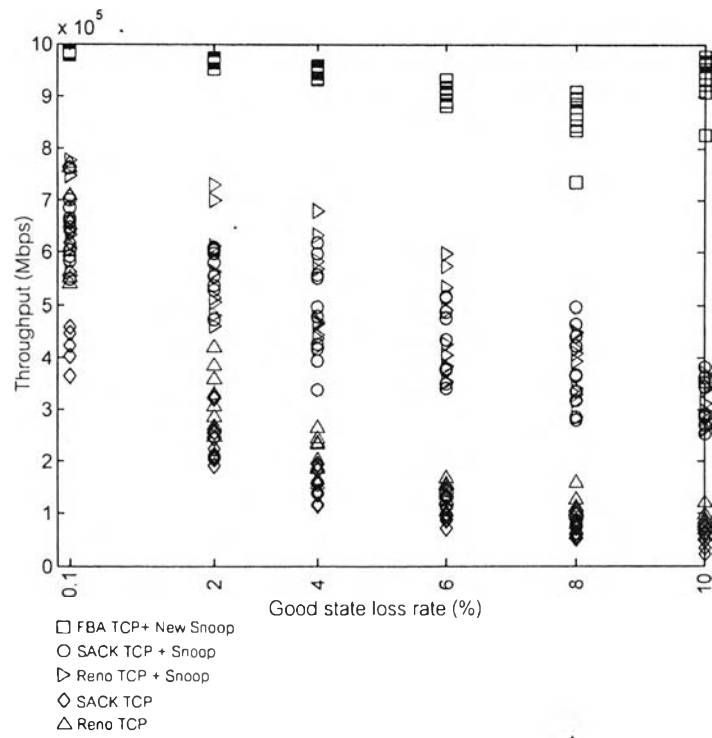
แบบต่อเนื่อง แต่อย่างไรก็ตามการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP สามารถเพิ่มสมรรถนะของการส่งข้อมูลบริเวณคอขวดได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นผลเนื่องมาจากกลไกการควบคุมอัตราอย่างชัดเจน

ตารางที่ 4.6 ค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพโลยีแบบ Parking Lot ที่ช่องสัญญาณสถานะเลวมีอัตราการสูญหายมีค่าเท่ากับ 20% และอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีมีค่าต่าง ๆ

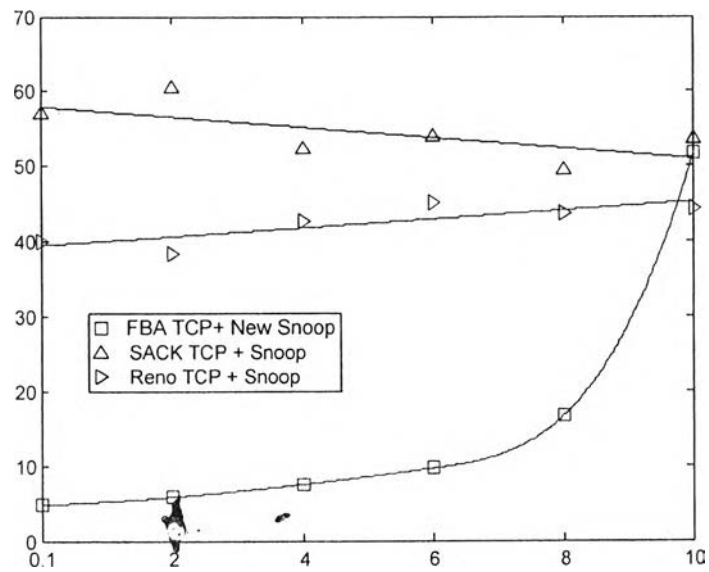
Jain's Index Loss rate (%)	FBA TCP	Snoop		No Snoop	
		SACK TCP	Reno TCP	Sack TCP	Reno TCP
0.1	0.999996	0.985611	0.991209	0.973498	0.948369
2	0.999968	0.971028	0.994068	0.968151	0.965095
4	0.999923	0.972310	0.967904	0.973722	0.973453
6	0.999801	0.963785	0.974026	0.983035	0.969212
8	0.997010	0.978802	0.964603	0.931858	0.974899
10	0.997970	0.984443	0.981259	0.957078	0.883728



รูปที่ 4.13 อัตราการส่งข้อมูลโดยรวมเมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน



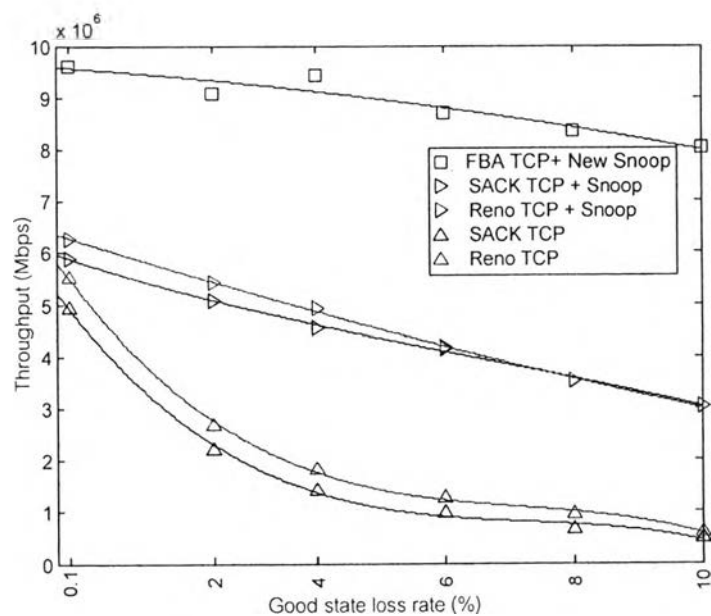
รูปที่ 4.14 อัตราการส่งข้อมูลของแต่ละโพล์เมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน



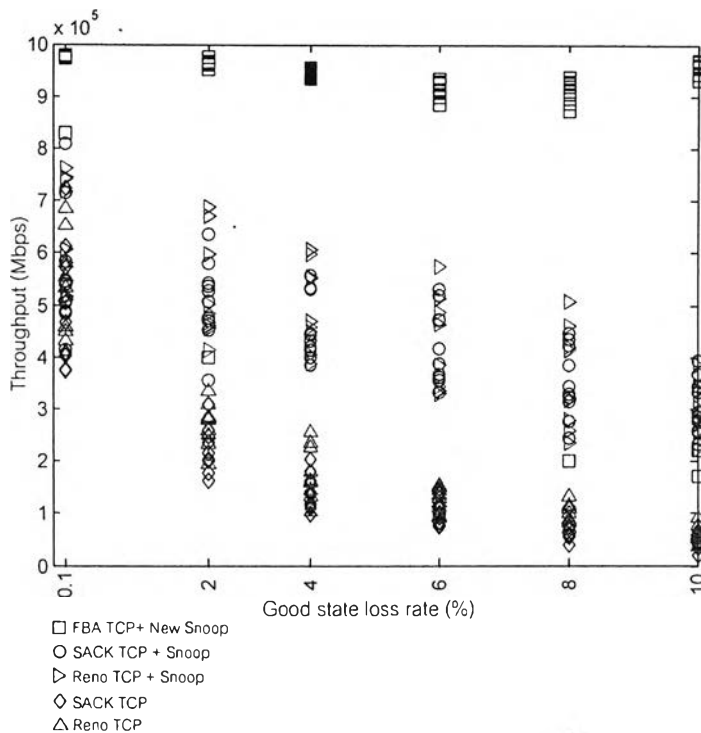
รูปที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยขนาดบัฟเฟอร์ของสเนูปในกรณีที่สถานะช่องสัญญาณมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20%

ตารางที่ 4.7 ค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบ ด้วยโทโพลยีแบบ Parking Lot ที่ช่องสัญญาณสถานะเลวมีอัตราการสูญหายมีค่าเท่ากับ 40% และอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีมีค่าต่าง ๆ

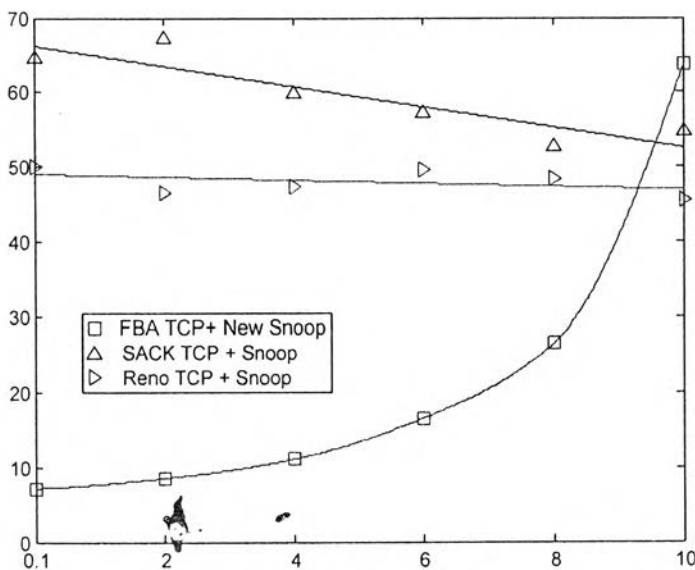
Jain's Index Loss rate (%)	FBA TCP	Snoop		No Snoop	
		SACK TCP	Reno TCP	Sack TCP	Reno TCP
0.1	0.997891	0.976498	0.951803	0.975968	0.953631
2	0.966064	0.967183	0.979715	0.981597	0.967428
4	0.999933	0.977578	0.983818	0.932857	0.951513
6	0.976761	0.960700	0.975158	0.975049	0.966857
8	0.939255	0.942647	0.955819	0.961960	0.930388
10	0.974464	0.977177	0.973746	0.944616	0.916302



รูปที่ 4.16 อัตราการส่งข้อมูลโดยรวมเมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 40% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน



รูปที่ 4.17 อัตราการส่งข้อมูลของแต่ละไฟล์เมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 40% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน



รูปที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยขนาดบัฟเฟอร์ของสล็อตในกรณีที่สถานะช่องสัญญาณมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 40%



#### 4.2.6 การเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบที่ใช้โพลีโพลีแบบ Upstream ในกรณีที่มีผู้ใช้ทั้งหมดเริ่มต้นในการส่งข้อมูลพร้อมกันและช่องสัญญาณสุดท้ายเป็นช่องสัญญาณไร้สายและช่องสัญญาณสถานะเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20% และ 40%

การจำลองแบบในส่วนนี้เป็นการจำลองแบบที่มีช่องสัญญาณสุดท้ายที่เป็นแบบช่องสัญญาณไร้สายด้วยโพลีโพลีแบบ Upstream ที่มีแหล่งกำเนิดข้อมูลถูกแบ่งออกเป็นสามกลุ่มตามรูปแบบโครงร่างการเชื่อมต่อ และแหล่งกำเนิดข้อมูลทั้งหมดมีช่วงเวลาเริ่มต้นในการส่งข้อมูลพร้อมกัน และช่องสัญญาณสุดท้ายเป็นช่องสัญญาณแบบไร้สายที่มีอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณในสถานะเลวมีค่าเท่ากับ 20% และ 40% เพื่อเป็นการทดสอบถึงสมรรถนะในการจัดสรรแบนด์วิดท์บริเวณคอขวดทั้งสองแห่ง ที่มีแหล่งกำเนิดกลุ่มที่ 3 ที่มีค่าประวิงเวลาจริงในการเข้าถึงข้อมูลมากกว่าแหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มอื่น ๆ เนื่องจากแพ็กเก็ตข้อมูลของกลุ่มนี้ถูกส่งผ่านเราเตอร์ถึงสองแห่งด้วยกัน ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับตามที่ได้กล่าวในหัวข้อที่ 4.2.3 โดยแต่ละอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะเลวจะมีการทดสอบด้วยอัตราการสูญหายในช่องสัญญาณดีที่มีค่าเท่า 0.1% 2% 4% 6% 8% และ 10% จากตารางที่ 4.8 และตารางที่ 4.10 ซึ่งเป็นค่าดัชนีของ Jain ของแหล่งกำเนิดข้อมูลกลุ่มที่ 1 ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบที่มีอัตราการสูญหายในช่องสัญญาณสถานะเลวที่มีค่าเท่ากับ 20% และ 40% ตามลำดับ ส่วนตารางที่ 4.9 และตารางที่ 4.11 จะเป็นค่าดัชนีของ Jain ของแหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มที่ 2 และแหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มที่ 3 เมื่อพิจารณาพร้อมกับรูปที่ 4.20 และรูปที่ 4.24 ซึ่งแสดงค่าทรูพุทของแต่ละโพลีโพลีในแต่ละรูปแบบของการส่งข้อมูลและอัตราการสูญหายในช่องสัญญาณสถานะเลวที่อัตราการสูญหายมีค่าเท่ากับ 20% และ 40% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP สามารถแยกอัตราการส่งของแต่ละกลุ่มได้อย่างชัดเจน โดยที่ผู้ใช้ในกลุ่มที่ 1 มีการกระจายตัวในลักษณะที่มีรูปแบบเป็นกลุ่ม ส่วนผู้ใช้ในกลุ่มที่ 2 และผู้ใช้ในกลุ่มที่ 3 การกระจายตัวของผู้ใช้ในกลุ่มที่ 2 นั้นมีค่าใกล้เคียงกันมาก ส่วนผู้ใช้ในกลุ่มที่ 3 นั้น ได้รับผลกระทบเนื่องจากค่าประวิงเวลาที่มีขนาดสูงกว่าโพลีโพลีอื่น ๆ ในกลุ่มที่ 2 ทำอัตราการส่งที่วัดได้นั้นถึงแม้จะมีค่าที่ต่างจากอัตราการส่งข้อมูลของผู้ใช้ในกลุ่มที่ 2 แต่เมื่อพิจารณาดัชนีของ Jain ของผู้ใช้ในกลุ่มที่สองจะเห็นได้ว่ายังให้ค่าที่ใกล้เคียง 1 มากกว่าการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และ Reno TCP ทั้งสองกรณีการทำงานร่วมกับโพรโทคอลสนูปและกรณีที่ไม่มีการสนูปทำงานด้วย จากรูปที่ 4.19 และรูปที่ 4.23 ได้แสดงถึงอัตราการส่งข้อมูลโดยรวมของช่องสัญญาณสุดท้ายทั้งหมด ซึ่งการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP ได้แสดงศักยภาพที่เหนือกว่าการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และ Reno TCP เมื่อพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยของขนาดบัฟเฟอร์ของทุกกรณี ในที่นี้ได้แยกออกเป็นสองส่วนตามลักษณะที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลของแต่ละกลุ่ม โดยรูปที่ 4.21 และรูปที่ 4.25 เป็นค่าเฉลี่ยขนาดบัฟเฟอร์ของสนูปในกรณีที่จัดเก็บแพ็กเก็ตข้อมูลของผู้ใช้กลุ่มที่ 1 และมี

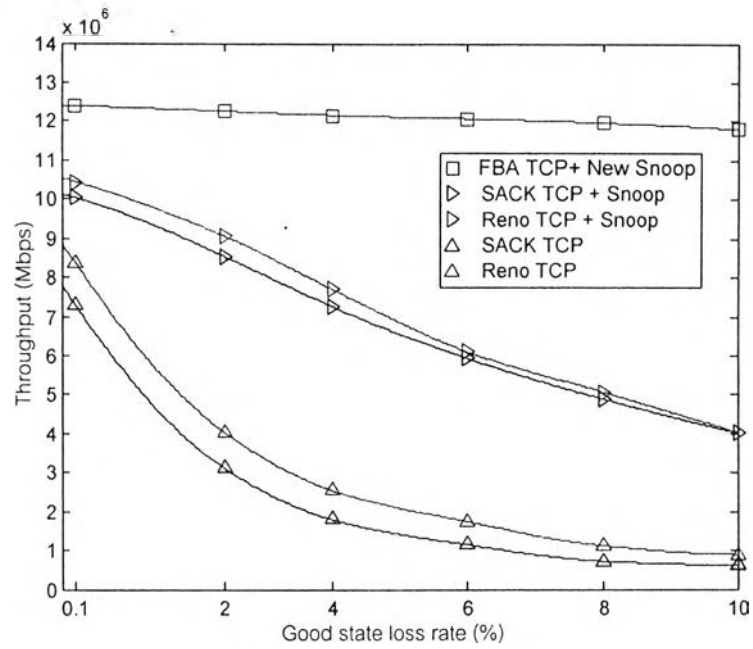
สถานะของสัญญาณเลมมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20% และ 40% ตามลำดับ ส่วนรูปที่ 4.22 และรูปที่ 4.26 เป็นส่วนของค่าเฉลี่ยขนาดบัฟเฟอร์ของสนูปในกรณีที่จับเก็บแพ็กเก็ตข้อมูลของผู้ใช้กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ซึ่งมีสถานะของสัญญาณเลมมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20% และ 40% ตามลำดับเช่นเดียวกัน จะสังเกตเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP เมื่อพิจารณาจากสนูปบัฟเฟอร์ที่จับเก็บแพ็กเก็ตข้อมูลของผู้ใช้ในกรณีที่ 1 ความต้องการเนื้อที่ของหน่วยความจำมีค่ามากขึ้นเพราะผู้ใช้ในกลุ่มนี้ของ FBA TCP ทำการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลตามขนาดที่ได้รับการจัดสรรจาตเราเตอร์บริเวณคอขวด จึงทำให้อัตราการสูญหายในส่วนของช่องสัญญาณไร้สายเพิ่มมากขึ้นจนมีค่ามากกว่าการส่งอีกสองรูปแบบที่ทำการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และ Reno TCP ที่ทำงานร่วมกับโพรโทคอลสนูปเนื่องจากว่าการสูญหายที่มีค่าสูงจนเกินกว่าที่โพรโทคอลสนูปสามารถทำการส่งซ้ำหรือกู้คืนได้ทัน จึงจำเป็นต้องให้แหล่งกำเนิดข้อมูลปลายทางทำการส่งแพ็กเก็ตในส่วนนั้นด้วยตัวเอง จึงทำให้ความต้องการในการใช้เนื้อที่ของหน่วยความจำในขนาดที่น้อยกว่าการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP แต่เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของขนาดบัฟเฟอร์ในกรณีที่เป็นการจัดเก็บแพ็กเก็ตข้อมูลของผู้ใช้ในกลุ่มที่ 2 และผู้ใช้ในกลุ่มที่ 3 ซึ่งมีอัตราการส่งผ่านข้อมูลมาจับเก็บไว้เพื่อรองรับแพ็กเก็ตที่สูญหายในส่วนของช่องสัญญาณไร้สายในอัตราที่น้อยกว่าอัตราการส่งข้อมูลที่ผ่านมาของสนูปบัฟเฟอร์ในกลุ่มที่ 1 จึงทำให้ความต้องการใช้เนื้อที่หน่วยความจำลดลงตามไปด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงที่อัตราการสูญหายยังมีค่าน้อย ความต้องการใช้หน่วยความจำของโพรโทคอลสนูปรูปแบบใหม่เมื่อทำงานร่วมกับการส่งข้อมูลแบบ FBA TCP มีขนาดที่น้อยมาก แต่ความต้องการในการใช้หน่วยความจำสำหรับจับเก็บข้อมูลมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามการสูญหายที่เกิดขึ้นในลักษณะที่เป็นแบบ exponential ซึ่งผิดกับความต้องการใช้งานของหน่วยความจำของการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และ Reno TCP ที่ทำงานร่วมโพรโทคอลสนูปแบบดั้งเดิมที่มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงในรูปแบบที่ลู่ออกค่าใดค่าหนึ่ง จากที่ได้ทดสอบในส่วนนี้แสดงให้เห็นถึงสมรรถนะในการจัดสรรแบนด์วิดท์ได้อย่างเท่าเทียมเมื่อมีผู้ใช้กลุ่มหนึ่งมีค่าการประวิงเวลาในการเข้าถึงข้อมูลจริงมากกว่าผู้ใช้ในกลุ่มอื่น ๆ และความสามารถในการจัดสรรแบนด์วิดท์ส่วนที่ไม่ได้ใช้ให้แก่ผู้ใช้รายอื่นที่ส่งผ่านข้อมูลในเราเตอร์บริเวณเดียว ซึ่งเห็นได้ว่าจะสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับการส่งข้อมูลอีกสองรูปแบบที่โพรโทคอลสนูปรูปแบบดั้งเดิม เพียงแต่ว่าในกรณีที่อัตราการสูญหายในช่องสัญญาณไร้สายที่มีค่าสูงมาก ๆ จำเป็นต้องใช้ขนาดของสนูปบัฟเฟอร์ที่สูง เพื่อให้ประสิทธิภาพของการทำงานของโพรโทคอลสนูปรูปแบบใหม่และการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP มีค่าที่ดีเยี่ยมตลอดเวลาในการส่งข้อมูลบนโครงข่ายการเชื่อมต่อรูปแบบ Upstream

ตารางที่ 4.8 ค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบ ด้วยโทโพลยีแบบ Upstream ที่ช่องสัญญาณสถานะเลวมืออัตราการสูญหายมีค่าเท่ากับ 20% และที่อัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีค่าต่าง ๆ ของผู้ใช้ในกลุ่มที่หนึ่ง

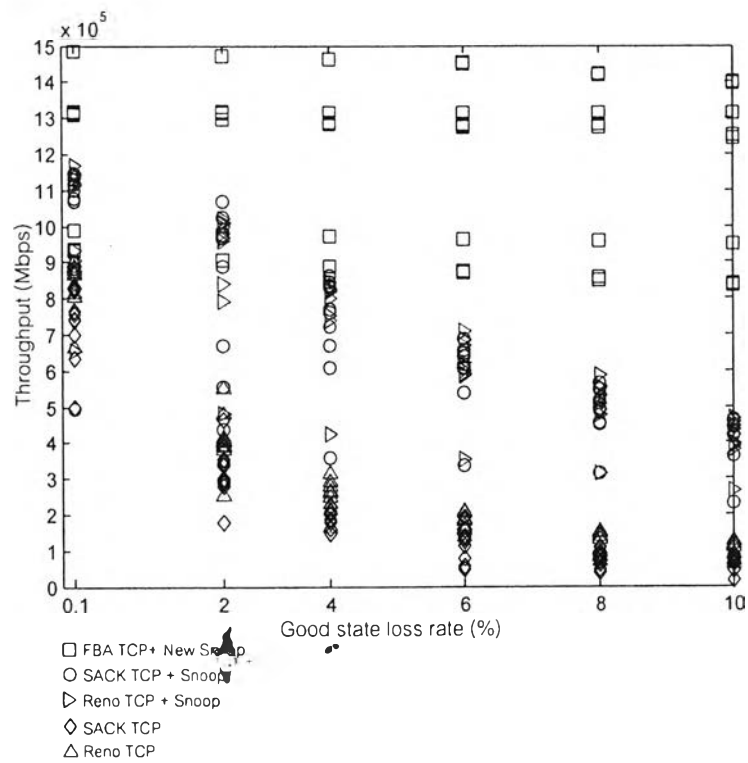
Jain's Index Loss rate (%)	FBA TCP	Snoop		No Snoop	
		SACK TCP	Reno TCP	SACK TCP	Reno TCP
0.1	0.996772	0.999723	0.999298	0.998909	0.994223
2	0.996728	0.998355	0.997295	0.999054	0.994302
4	0.996845	0.999699	0.996346	0.989871	0.988521
6	0.997040	0.995165	0.998172	0.994861	0.894106
8	0.997901	0.995729	0.993830	0.963232	0.940513
10	0.997751	0.996941	0.992293	0.965461	0.889043

ตารางที่ 4.9 ค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบ ด้วยโทโพลยีแบบ Upstream ที่ช่องสัญญาณสถานะเลวมืออัตราการสูญหายมีค่าเท่ากับ 20% และที่อัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีค่าต่าง ๆ ของผู้ใช้ในกลุ่มที่สอง

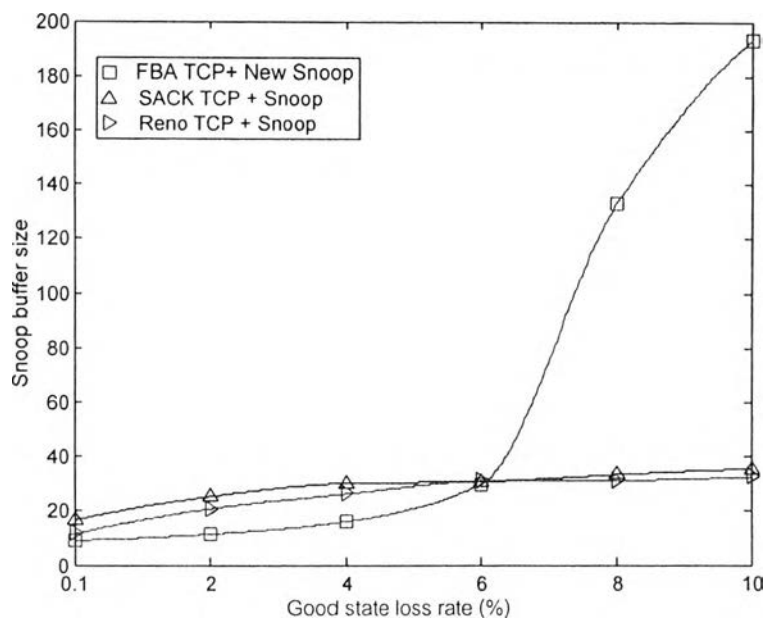
Jain's Index Loss rate (%)	FBA TCP	Snoop		No Snoop	
		SACK TCP	Reno TCP	SACK TCP	Reno TCP
0.1	0.999279	0.977881	0.944417	0.986034	0.954743
2	0.998739	0.951509	0.971816	0.918385	0.888169
4	0.998179	0.946968	0.943326	0.939399	0.971837
6	0.997723	0.938226	0.949295	0.970210	0.899435
8	0.996809	0.947756	0.948709	0.886758	0.946743
10	0.996535	0.988385	0.965708	0.961565	0.959977



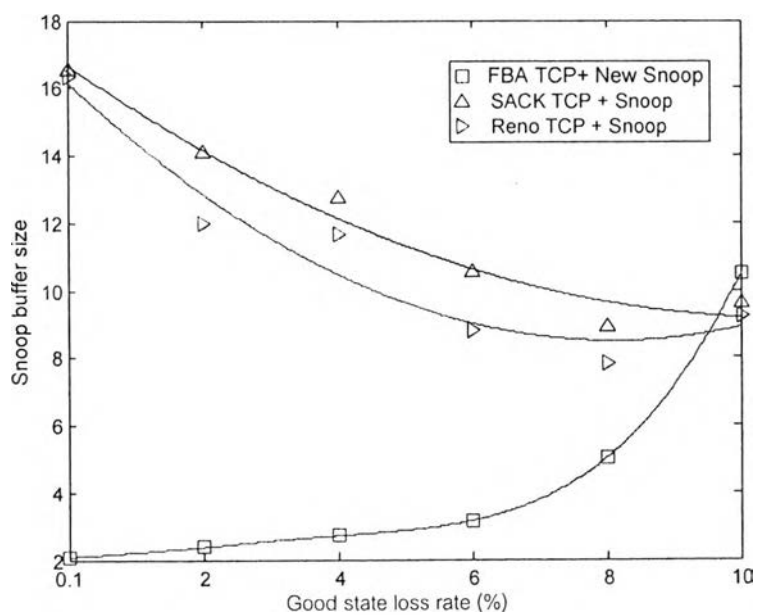
รูปที่ 4.19 อัตราการส่งข้อมูลโดยรวมเมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน



รูปที่ 4.20 อัตราการส่งข้อมูลของแต่ละโฟลว์เมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน



รูปที่ 4.21 ค่าเฉลี่ยขนาดบัฟเฟอร์ของสnoopในกรณีที่สถานะช่องสัญญาณมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20% ในส่วนของช่องสัญญาณสุดท้ายที่จัดเก็บแพ็กเก็ตข้อมูลของผู้ใช้กลุ่มที่ 1



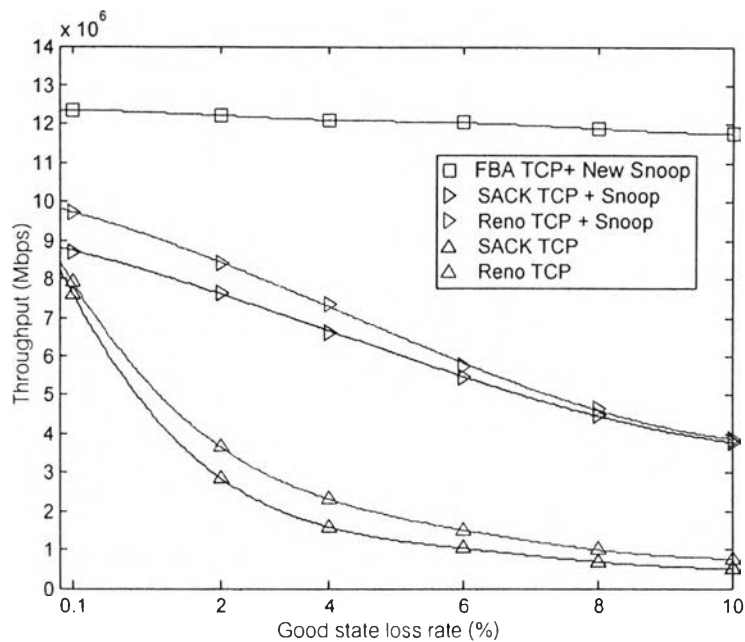
รูปที่ 4.22 ค่าเฉลี่ยขนาดบัฟเฟอร์ของสnoopในกรณีที่สถานะช่องสัญญาณมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20% ในส่วนของช่องสัญญาณสุดท้ายที่จัดเก็บแพ็กเก็ตข้อมูลของผู้ใช้กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3

ตารางที่ 4.10 ค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพลยีแบบ Upstream ที่ช่องสัญญาณสถานะเลวมืออัตราการสูญหายมีค่าเท่ากับ 40% และที่อัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีค่าต่าง ๆ ของผู้ใช้ในกลุ่มที่หนึ่ง

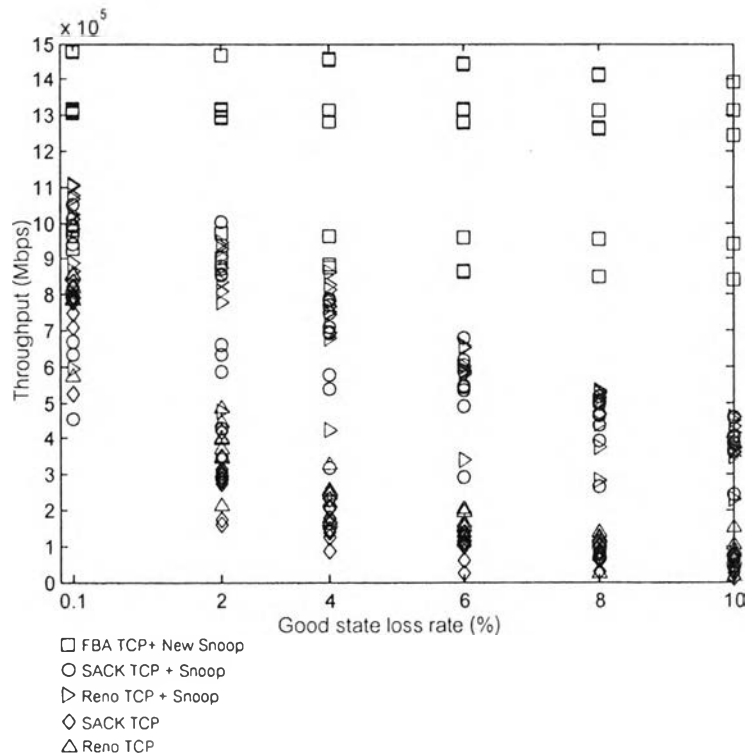
Jain's Index Loss rate (%)	FBA TCP	Snoop		No Snoop	
		SACK TCP	Reno TCP	SACK TCP	Reno TCP
0.1	0.996887	0.998300	0.998884	0.998892	0.998101
2	0.996932	0.998298	0.988418	0.992921	0.970208
4	0.997015	0.997364	0.997250	0.973228	0.942669
6	0.997401	0.998495	0.994841	0.985893	0.895718
8	0.997788	0.989021	0.992814	0.879391	0.972936
10	0.997679	0.994410	0.994328	0.858162	0.798542

ตารางที่ 4.11 ค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพลยีแบบ Upstream ที่ช่องสัญญาณสถานะเลวมืออัตราการสูญหายมีค่าเท่ากับ 40% และที่อัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีค่าต่าง ๆ ของผู้ใช้ในกลุ่มที่สอง

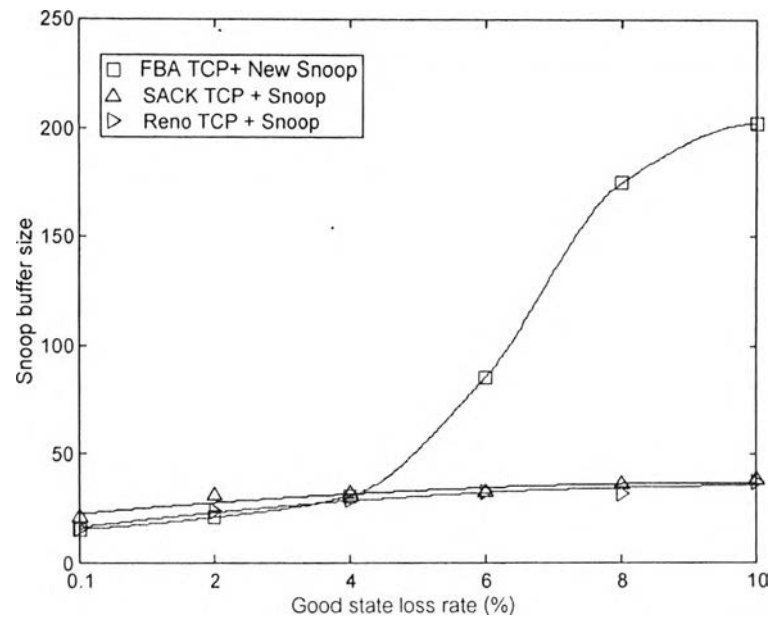
Jain's Index Loss rate (%)	FBA TCP	Snoop		No Snoop	
		SACK TCP	Reno TCP	SACK TCP	Reno TCP
0.1	0.999290	0.971471	0.9975486	0.977804	0.962386
2	0.998653	0.954068	0.975312	0.909349	0.888289
4	0.997970	0.958296	0.946569	0.934814	0.910904
6	0.997498	0.938383	0.944945	0.982483	0.897577
8	0.996831	0.941169	0.38108	0.988828	0.863429
10	0.997159	0.926906	0.957686	0.872234	0.954279



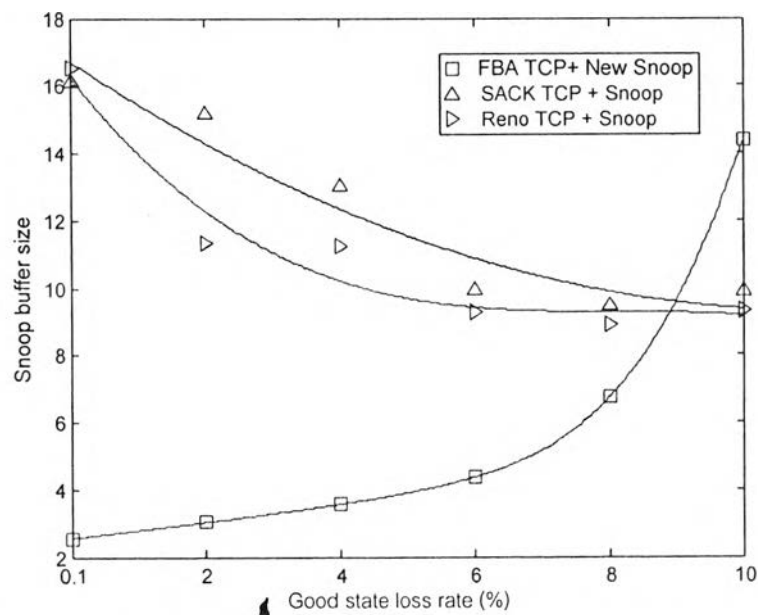
รูปที่ 4.23 อัตราการส่งข้อมูลโดยรวมเมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 40% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน



รูปที่ 4.24 อัตราการส่งข้อมูลของแต่ละไฟล์เมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 40% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน



รูปที่ 4.25 ค่าเฉลี่ยขนาดบัฟเฟอร์ของสnoop ในกรณีที่สถานะช่องสัญญาณมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 40% ในส่วนของช่องสัญญาณสุดท้ายที่จัดเก็บแพ็กเก็ตข้อมูลของผู้ใช้กลุ่มที่ 1



รูปที่ 4.26 ค่าเฉลี่ยขนาดบัฟเฟอร์ของสnoop ในกรณีที่สถานะช่องสัญญาณมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 40% ในส่วนของช่องสัญญาณสุดท้ายที่จัดเก็บแพ็กเก็ตข้อมูลของผู้ใช้กลุ่มที่ 2 และผู้ใช้ในกลุ่มที่ 3

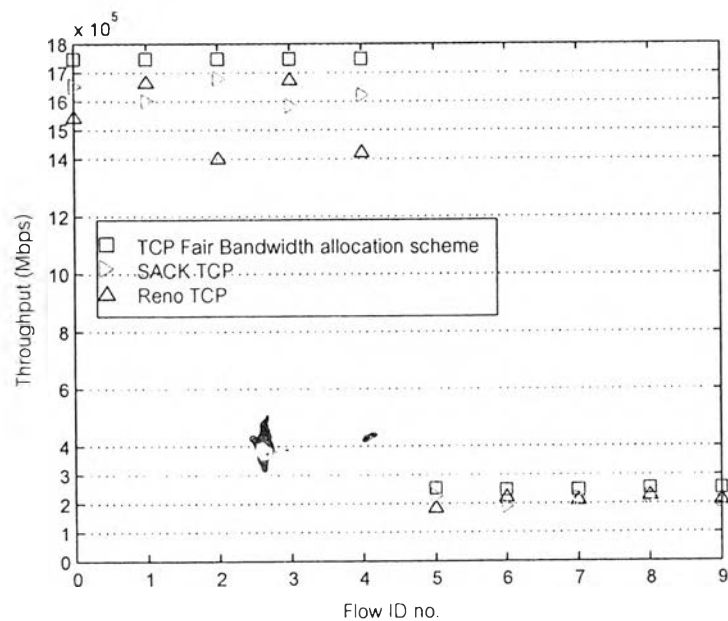


#### 4.2.7 การเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบที่ใช้โทโพลยีแบบ Dumbell ในกรณีที่ผู้ใช้ทั้งหมดถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มโดยแต่ละกลุ่มมีการเริ่มต้นการส่งข้อมูลในเวลาที่แตกต่างกัน และช่องสัญญาณทั้งหมดเป็นแบบช่องสัญญาณไร้สาย

การจำลองแบบในส่วนนี้เป็นการจำลองแบบบนโทโพลยีแบบ Dumbell ที่มีช่องสัญญาณทั้งหมดเป็นแบบช่องสัญญาณไร้สาย ซึ่งเป็นการทดสอบถึงสมรรถนะในการจัดสรรแบนด์วิดท์ในกรณีที่ผู้ใช้กลุ่มหนึ่งส่งผ่านข้อมูลอยู่ก่อนหน้าและกำลังอยู่ในสถานะที่มีความเสถียร และมีผู้ใช้ในกลุ่มที่สองเริ่มต้นส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบจะมีผลกระทบต่อการจัดสรรแบนด์วิดท์อย่างไร ในเมื่อไม่มีการสูญหายเนื่องจากช่องสัญญาณไร้สาย ตารางที่ 4.12 เป็นค่าของทฤษฎีและดัชนีในการวัดค่าความเท่าเทียมของผู้ใช้แต่ละกลุ่ม ส่วนรูปที่ 4.27 เป็นรูปที่แสดงให้เห็นถึงขนาดทฤษฎีของแต่ละโพล์ จากตารางและรูปทั้ง 2 สามารถสรุปได้ว่าการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP ให้ทฤษฎีของแต่ละโพล์และค่าดัชนีในการวัดความเท่าเทียมในการจัดสรรอัตราการส่งของแต่ละกลุ่มมีขนาดที่ใกล้เคียงกัน ตามมาด้วยการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP เนื่องจากว่ามีความสามารถในการกู้คืนข้อมูลที่มีลักษณะแบบต่อเนื่องได้ดีกว่า Reno TCP เพราะออปชันของ SACK ที่ถูกออกแบบขึ้นมาสำหรับการสูญหายรูปแบบนี้ และสุดท้ายคือการส่งข้อมูลด้วย Reno TCP ซึ่งให้ผลที่แย่กว่าทั้งสองรูปแบบการส่งข้อมูลตามที่ได้กล่าวมาเนื่องเป็นการส่งข้อมูลที่มีรูปแบบการส่งข้อมูลที่ใช้เทคนิค AIMD เทคนิคการเริ่มต้นอย่างช้าๆ และเทคนิคการกู้คืนอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นการที่ยังไม่ได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับสภาพของโครงข่ายที่มีช่องสัญญาณไร้สาย ทั้งหมดนี้ที่ได้กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าเทคนิคการควบคุมอัตราอย่างชัดเจนของแบนด์วิดท์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ FBA TCP สามารถแจกจ่ายความเท่าเทียมและยังสามารถควบคุมขนาดของหน้าต่างในการส่งข้อมูลให้อยู่ขอบเขตที่ไม่ก่อให้เกิดความแออัดซึ่งจะส่งผลเสียแก่ระบบโดยรวมได้เป็นอย่างดี ถึงแม้ว่าผู้ใช้ในกลุ่มที่สองจะทำการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลออกมาสู่โครงข่ายหลังจากที่ผู้ใช้ในกลุ่มที่ 1 ทำการส่งข้อมูลนานพอสมควรจนเข้าสู่สถานะเสถียร

ตารางที่ 4.12 ขนาดทราฟฟิค (Thput) ของแต่ละโฟลว์และค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพโลยีแบบ Dumbell

Fid \ thput	FBA TCP (bps)	SACK TCP (bps)	Reno TCP (bps)
0	1744840	1649992	1541566
1	1743509	1597626	1662239
2	1743659	1675069	1397747
3	1744092	1581452	1669744
4	1744674	1620889	1420610
Jain's Index	0.999999907	0.999561347	0.994432033
5	247772.8	223495.0	179332.5
6	247024.0	185605.8	219934.1
7	247356.8	212912.0	209051.5
8	247556.5	217171.8	222280.3
9	247856.0	205107.8	208552.3
Jain's Index	0.999998529	0.996097416	0.994614250



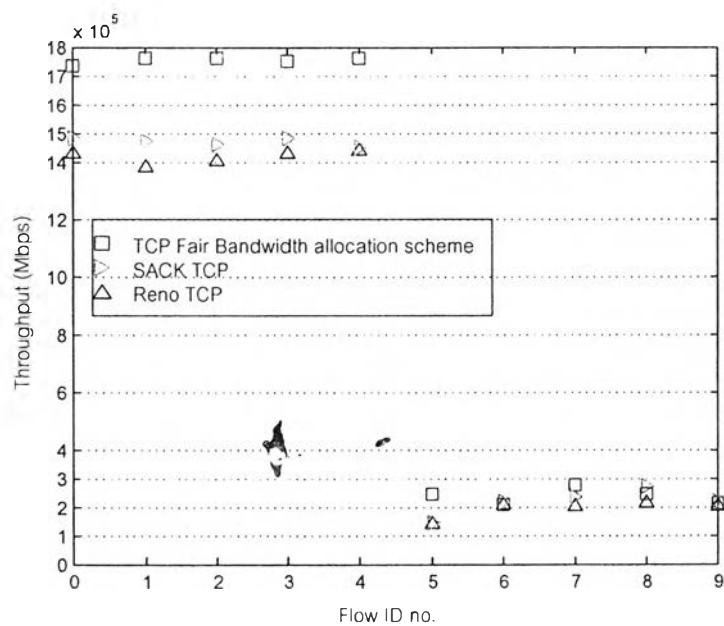
รูปที่ 4.27 ค่าทราฟฟิคของแต่ละโฟลว์ของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพโลยีแบบ Dumbell ในกรณีที่ช่องสัญญาณทั้งหมดเป็นช่องสัญญาณใช้สาย

#### 4.2.8 การเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบที่ใช้โทโพลยีแบบ Parking Lot ในกรณีที่มีผู้ใช้ทั้งหมดถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มโดยแต่ละกลุ่มมีการเริ่มต้นการส่งข้อมูลในเวลาที่แตกต่างกัน และช่องสัญญาณทั้งหมดเป็นแบบช่องสัญญาณใช้สายน

การจำลองแบบในส่วนนี้เป็นการจำลองแบบบนโทโพลยีแบบ Parking Lot ที่มีช่องสัญญาณทั้งหมดเป็นแบบช่องสัญญาณใช้สายน และมีการแบ่งกลุ่มผู้ใช้ออกเป็นสองกลุ่มโดยที่แต่ละกลุ่มมีการเริ่มต้นส่งข้อมูลในเวลาที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นการทดสอบถึงสมรรถนะในการจัดสรรแบนด์วิดท์ในกรณีที่มีผู้ใช้กลุ่มหนึ่งส่งผ่านข้อมูลอยู่ก่อนหน้าและกำลังอยู่ในสถานะที่มีความเสถียร และมีผู้ใช้ในกลุ่มที่สองเริ่มต้นส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบในขณะนั้นจะมีผลกระทบต่อการจัดสรรแบนด์วิดท์อย่างไรต่อผู้ใช้ในกลุ่มที่ 1 ต้องส่งข้อมูลผ่านบริเวณคอขวดถึงสองครั้งในโครงร่างการเชื่อมต่อแบบ Parking Lot จากตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.28 เป็นผลการทดสอบสมรรถนะจะเห็นได้ว่าเมื่อขนาดทรูพุทของผู้ใช้ในกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ทำการส่งข้อมูลหลังจากที่ผู้ใช้ในกลุ่มที่ 1 ทำการส่งผ่านข้อมูลเข้าไปยังโครงข่ายจนเข้าสู่สถานะที่มีความเสถียร จะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP ของผู้ใช้ในกลุ่มที่ 1 นั้นให้ทรูพุทที่สูงกว่าอีกสองรูปแบบของการส่งข้อมูลอย่างเห็นได้ชัด เพราะเป็นผลเนื่องจากการส่งข้อมูลเข้าสู่โครงข่ายของผู้ใช้ในกลุ่มที่ 2 ทำให้ผู้ใช้ทั้งสองกลุ่มของการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และ Reno TCP ต้องสูญเสียแพ็กเก็ตข้อมูลไปบางส่วนเพราะว่าเมื่อมีผู้ใช้ในกลุ่มที่ 2 ส่งข้อมูลเข้ามาในโครงข่ายผู้ใช้ในกลุ่มที่ 1 ของวิธีที่ได้กล่าวถึงยังคงส่งข้อมูลด้วยอัตราเดิม ซึ่งเป็นค่าในขณะก่อนที่จะมีผู้ใช้ในกลุ่มที่ 2 เข้ามา ดังนั้นส่งผลให้ทรูพุทของผู้ใช้ในกลุ่มที่ 1 ในการส่งข้อมูลของ 2 วิธีที่กล่าวมามีค่าน้อยกว่าการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP อย่างเห็นได้ดังรูป ซึ่งในส่วนนี้เป็นการประเมินความเท่าเทียมในการส่งได้เป็นอย่างดีเพราะว่าการสูญหายที่เกิดในส่วนนี้เป็นการสูญหายเนื่องจากความแออัดเพียงอย่างเดียว ดังตารางที่ 4.13 ในส่วนของความเท่าเทียมของผู้ใช้ในกลุ่มที่ 2 จะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP ถึงแม้จะมีค่าดัชนีบ่งบอกถึงความเท่าเทียมที่ค่อนข้างแย่ แต่ยังคงสามารถที่จะจัดสรรแบนด์วิดท์อย่างเท่าเทียมดีกว่าการส่งข้อมูลด้วย Reno TCP และ SACK TCP ตามลำดับ

ตารางที่ 4.13 ขนาดทราฟฟิค (Thput) ของแต่ละโฟลว์และค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพโลยีแบบ Parking Lot

Fid \ thput	FBA TCP (bps)	SACK TCP (bps)	Reno TCP (bps)
0	1734074	1480148	1426550
1	1757903	1470696	1383553
2	1758052	1462293	1404053
3	1749300	1482561	1428148
4	1759350	1447567	1438581
Jain's Index	0.999970	0.999924	0.999804
5	245293.4	145852.8	139912.3
6	210332.8	220383.4	207986.6
7	278723.2	234843.5	204458.9
8	245892.5	272400.0	214842.2
9	213394.6	218802.6	204059.5
Jain's Index	0.989093	0.965785	0.980431



รูปที่ 4.28 ค่าทราฟฟิคของแต่ละโฟลว์ของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพโลยีแบบ Dumbell ในกรณีนี้ที่ช่องสัญญาณทั้งหมดเป็นช่องสัญญาณใช้สาย

#### 4.2.9 การเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบที่ใช้โทโลยีแบบ Dumbell ในกรณีที่แหล่งกำเนิดข้อมูลทั้งหมดถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มด้วยเวลาเริ่มต้นในการส่งข้อมูลและมีช่วงเวลาในการส่งข้อมูลแตกต่างกันและช่องสัญญาณสุดท้ายเป็นช่องสัญญาณไร้สาย

การจำลองแบบในส่วนนี้เป็นการจำลองแบบที่มีช่องสัญญาณสุดท้ายที่เป็นแบบช่องสัญญาณไร้สายด้วยโทโลยีแบบ Dumbell ที่มีแหล่งกำเนิดข้อมูลถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มที่แต่ละกลุ่มมีช่วงเวลาเริ่มต้นในการส่งข้อมูลที่แตกต่างกัน และช่องสัญญาณสุดท้ายเป็นช่องสัญญาณแบบไร้สายที่มีขนาดของช่องสัญญาณเท่ากับ 1 Mbps และอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณในสถานะเลวมีค่าเท่ากับ 20% และ 40% เพื่อเป็นการทดสอบถึงสมรรถนะในการจัดสรรแบนด์วิดท์ในกรณีที่มีแหล่งกำเนิดข้อมูลใหม่ทำการส่งข้อมูลเข้ามายังโครงข่าย โดยทำการประเมินสมรรถนะในการจัดสรรแบนด์วิดท์ของวิธีที่ได้นำเสนอจากค่าดัชนีของ Jain และทรูพู่ของแต่ละแหล่งกำเนิดข้อมูลรวมไปถึงทรูพู่โดยรวมของการทดสอบในส่วนนี้ จากตารางที่ 4.14 ตารางที่ 4.16 ซึ่งเป็นตารางแสดงค่าดัชนีของ Jain ที่ใช้วัดความเท่าเทียมในการจัดสรรแบนด์วิดท์ของแหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มที่ 1 ที่มีอัตราการสูญหายช่องสัญญาณในสถานะเลวเท่ากับ 20% และ 40% ตามลำดับที่มีการเริ่มต้นส่งข้อมูลตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดสอบ ส่วนตารางที่ 4.15 และตารางที่ 4.17 เป็นตารางที่แสดงถึงค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมในการจัดสรรแบนด์วิดท์ของแหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มที่ 2 ที่มีอัตราการสูญหายในช่องสัญญาณสถานะเลวเช่นเดียวกันกับแหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มที่ 1 และการส่งข้อมูลเริ่มต้นที่ 12.5 และช่วงเวลาในการส่งข้อมูลของแหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มนี้มีค่าเท่ากับ 25 วินาที ซึ่งในการจำลองช่องสัญญาณของแต่ละอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะเลวจะมีการจำลองแบบช่องสัญญาณสถานะดีถึง 6 อัตราด้วยกัน โดยแต่ละอัตรามีค่าดังต่อไปนี้ คือ 0.1% 2% 4% 6% 8% และ 10% ตามลำดับ ในที่จะกล่าวถึงผลการทดสอบโดยรวมที่ได้มาจากตารางที่แสดงค่าดัชนีในการวัดความเท่าเทียมทั้งหมดรวมไปถึงรูปที่ 4.30 และรูปที่ 4.33 เป็นรูปที่แสดงถึงขนาดทรูพู่ของแต่ละโฟลว์ดังจะเห็นได้ว่าขนาดของทรูพู่ของแต่ละโฟลว์ในการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP ถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มอย่างเห็นได้ชัดที่ทุก ๆ ค่าของอัตราการสูญหายในช่องสัญญาณสถานะดีและช่องสัญญาณสถานะเลวทั้งหมด แต่ในขณะเดียวกันการส่งข้อมูลอีกสองวิธีที่เหลือทั้งในกรณีที่มีโพรโทคอลสนูปร่วมทำงานและในกรณีที่ไม่มีโพรโทคอลสนูปทำงานร่วมด้วยขนาดทรูพู่ของแต่ละโฟลว์มีการกระจายตัวของแต่ละกลุ่มมีลักษณะที่ทำให้ไม่สามารถแยกแยะออกเป็นกลุ่ม ๆ ได้อย่างชัดเจนในช่วงที่อัตราการสูญหายในส่วนช่องสัญญาณสถานะดียังมีค่าน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของการส่งข้อมูลของ SACK TCP และ Reno TCP เมื่อไม่มีโพรโทคอลสนูปร่วมทำงานด้วย (ขนาดของทรูพู่ของข้อมูลในกลุ่มที่ 2 จะถูกแยกแยะออกเป็นกลุ่มอย่างชัดเจนเมื่ออัตราการสูญหายในส่วนช่องสัญญาณสถานะดีมีค่าตั้งแต่ 8% ขึ้นไป) เมื่อพิจารณาถึงอัตราการส่งข้อมูล

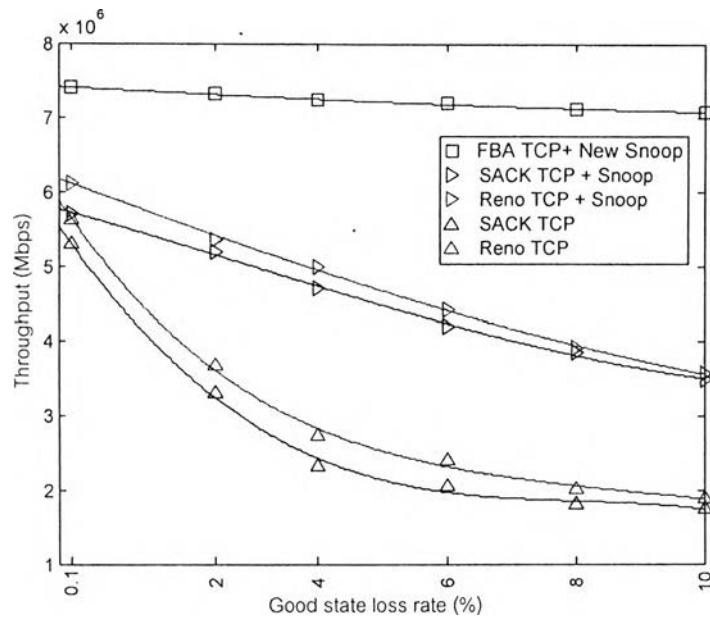
โดยรวมดังรูปที่ 4.29 และรูปที่ 4.32 จะเห็นได้ว่า การส่งข้อมูลด้วย FBA TCP สามารถทำการจัดสรรแบนด์วิดท์ด้วยความเท่าเทียมและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากการสูญหายแบบสุ่มของช่องสัญญาณไร้สายในส่วนนี้ได้เป็นอย่างดี โดยที่ยังให้ utilization ของลิงก์บริเวณคอขวดมีค่าที่สูงโดยได้รับผลกระทบเนื่องจากการสูญหายน้อยมาก ซึ่งรูปแบบของการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และ Reno TCP ทั้งในกรณีที่ทำงานร่วมกับโพรโทคอลสนูปและไม่ได้ทำงานร่วมกับโพรโทคอลสนูปจะให้ผลที่ด้อยกว่าการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP ตามลำดับ และเมื่อมาพิจารณาขนาดของสนูปบัฟเฟอร์ดังที่แสดงในรูปที่ 4.31 และรูปที่ 4.34 การส่งข้อมูลด้วย FBA TCP เมื่อทำงานร่วมกับโพรโทคอลสนูปรูปแบบใหม่เทียบกับการส่งข้อมูลของ SACK TCP และ Reno TCP เมื่อทำงานร่วมกับโพรโทคอลสนูป ในกรณีที่อัตราการสูญหายในส่วนของช่องสัญญาณไร้สายสถานะดีค่าน้อย โพรโทคอลสนูปรูปแบบใหม่ที่ได้นำเสนอใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บแพ็กเก็ตข้อมูลส่วนที่สูญหายและยังไม่ได้รับการตอบรับจากภาครับปลายทางน้อยกว่าโพรโทคอลสนูปรูปแบบดั้งเดิมทั้งในรูปแบบของการส่งข้อมูลด้วย SACK TCP และ Reno TCP เพียงแต่โพรโทคอลสนูปรูปแบบใหม่เมื่ออัตราการสูญหายเพิ่มมากขึ้นความต้องการใช้พื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลสูงขึ้นตามไปด้วยซึ่งอัตราการเพิ่มขึ้นของขนาดสนูปบัฟเฟอร์มีลักษณะเป็นแบบ exponential ซึ่งมีลักษณะที่ไม่เหมือนกับอัตราการเพิ่มขึ้นของขนาดสนูปบัฟเฟอร์ของโพรโทคอลสนูปรูปแบบดั้งเดิมที่มีลักษณะแบบเชิงเส้น จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนั้นกล่าวได้ว่าการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลของแหล่งกำเนิดข้อมูลที่เพิ่มขึ้นมานั้น ในขณะที่มีแหล่งกำเนิดข้อมูลจำนวนหนึ่งส่งข้อมูลอยู่เป็นระยะเวลาหนึ่งจนเข้าสู่สถานะที่มีความเสถียรบนแบบโครงร่างการเชื่อมต่อที่มีช่องสัญญาณสุดท้ายเป็นแบบช่องสัญญาณไร้สาย การส่งข้อมูลด้วย FAB TCP สามารถจัดสรรแบนด์วิดท์ท่ามกลางที่ไฟลว์ที่ผ่านมายังบริเวณที่เป็นคอขวดได้เป็นอย่างดี รวมไปถึงการจัดการขนาดของสนูปบัฟเฟอร์รูปแบบใหม่ให้มีความต้องการใช้พื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลที่ยังไม่ได้รับการตอบรับให้มีค่าน้อยลงได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 4.14 ค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพโลยีแบบ Dumbell ที่ช่องสัญญาณสถานะเลวมืออัตราการสูญหายมีค่าเท่ากับ 20% และอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีค่าต่าง ๆ ของผู้ใช้ในกลุ่มที่หนึ่ง

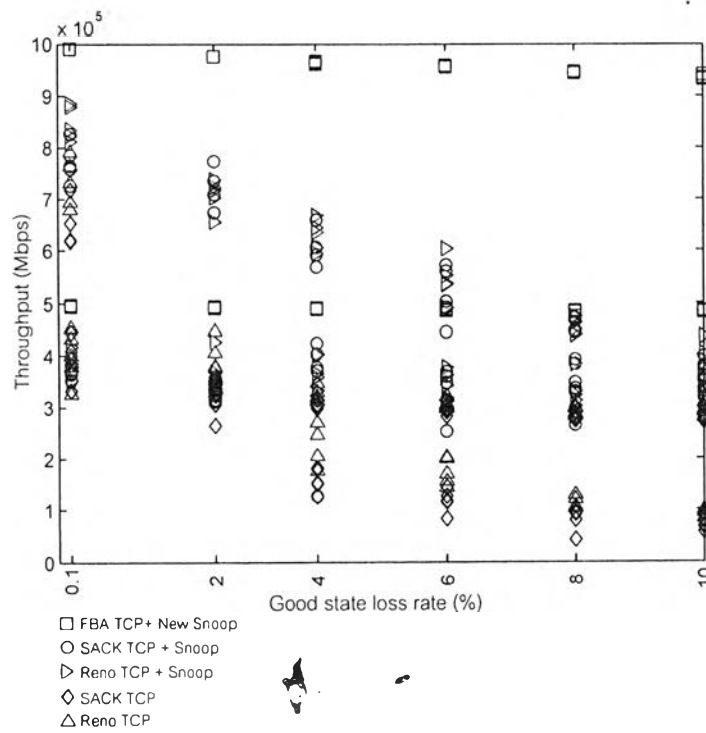
Jain's Index Loss rate (%)	FBA TCP	Snoop		No Snoop	
		SACK TCP	Reno TCP	SACK TCP	Reno TCP
0.1	0.999999	0.998786	0.998197	0.996685	0.995561
2	1	0.998416	0.997127	0.986653	0.990214
4	0.999997	0.998277	0.997586	0.978532	0.983704
6	0.999996	0.995545	0.991440	0.983690	0.972134
8	0.999999	0.999300	0.995625	0.990770	0.947553
10	0.999988	0.995245	0.997717	0.995871	0.977644

ตารางที่ 4.15 ค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพโลยีแบบ Dumbell ที่ช่องสัญญาณสถานะเลวมืออัตราการสูญหายมีค่าเท่ากับ 20% และอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีค่าต่าง ๆ ของผู้ใช้ในกลุ่มที่สอง

Jain's Index Loss rate (%)	FBA TCP	Snoop		No Snoop	
		SACK TCP	Reno TCP	SACK TCP	Reno TCP
0.1	0.999998	0.996814	0.998399	0.988092	0.991837
2	0.999997	0.992532	0.998184	0.997803	0.998414
4	0.999998	0.995120	0.908881	0.998612	0.999420
6	0.999990	0.994775	0.984028	0.999202	0.998793
8	0.999914	0.992758	0.985216	0.999470	0.998909
10	0.999994	0.997602	0.996778	0.999553	0.999819

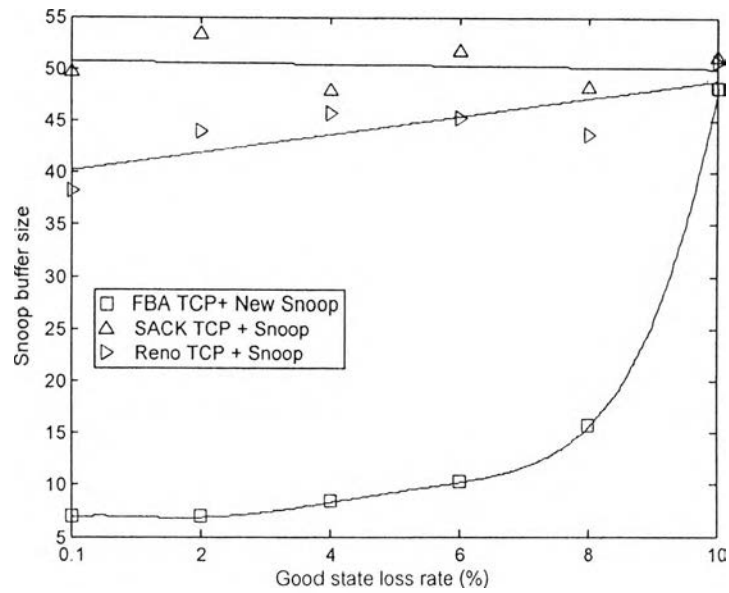


รูปที่ 4.29 อัตราการส่งข้อมูลโดยรวมเมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน



รูปที่ 4.30 อัตราการส่งข้อมูลของแต่ละโพล์เมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน

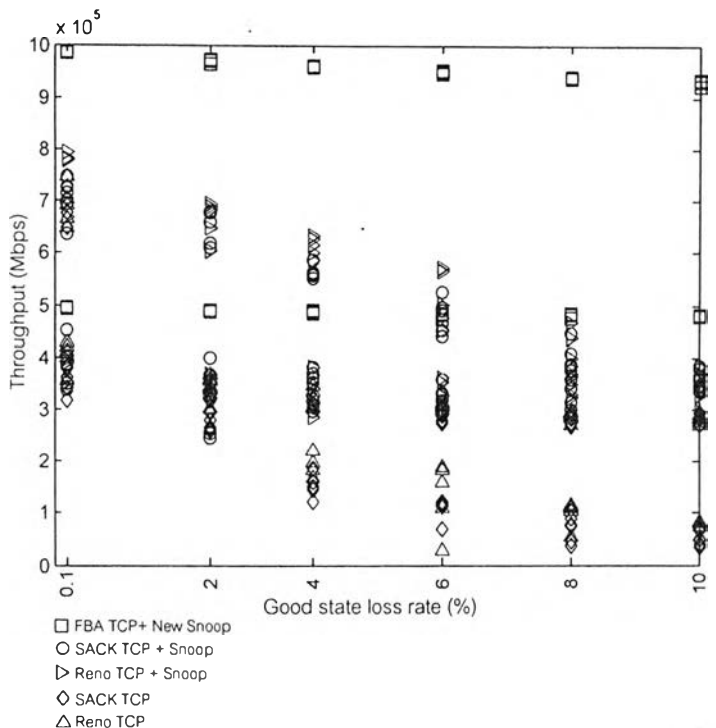




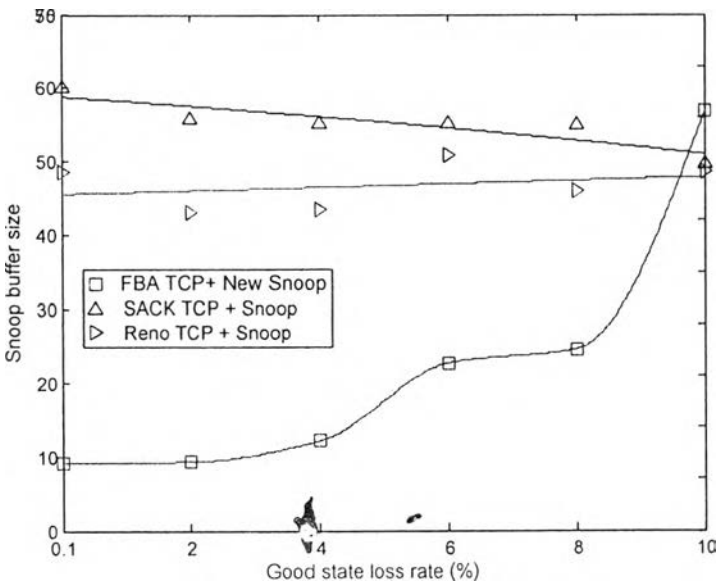
รูปที่ 4.31 ค่าเฉลี่ยขนาดบัฟเฟอร์ของสnoop ในกรณีที่สถานะช่องสัญญาณมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20%

ตารางที่ 4.16 ค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพโลยีแบบ Dumbell ที่ช่องสัญญาณสถานะเลวมีอัตราการสูญหายมีค่าเท่ากับ 40% และอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีค่าต่าง ๆ ของผู้ใช้ในกลุ่มที่หนึ่ง

Jain's Index Loss rate (%)	FBA TCP	Snoop		No Snoop	
		SACK TCP	Reno TCP	SACK TCP	Reno TCP
0.1	0.999998	0.996070	0.997182	0.997627	0.998373
2	0.999994	0.997330	0.997941	0.997200	0.991337
4	0.999999	0.999170	0.999541	0.991901	0.982152
6	0.999993	0.991474	0.996054	0.831427	0.967116
8	0.999996	0.995071	0.996285	0.950332	0.914801
10	0.999976	0.997404	0.996798	0.981961	0.924732



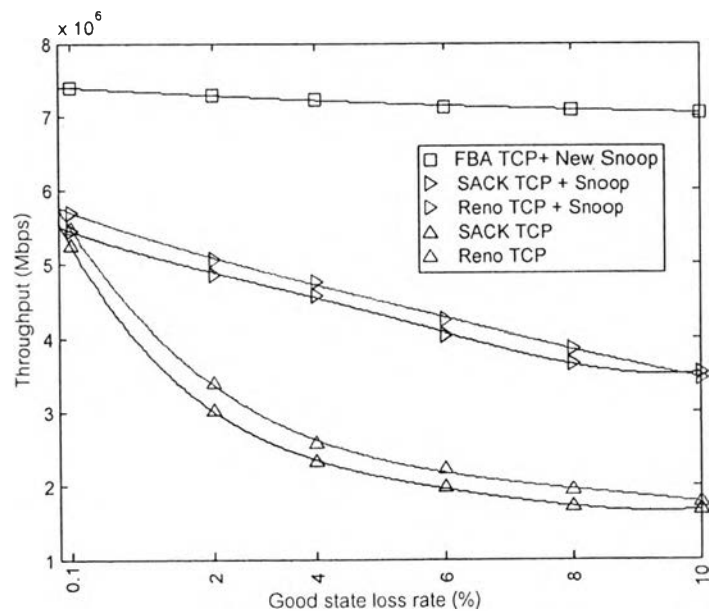
รูปที่ 4.33 อัตราการส่งข้อมูลของแต่ละโพล์เมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 40% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน



รูปที่ 4.34 ค่าเฉลี่ยขนาดบัฟเฟอร์ของสนูปในกรณีนี้ที่สถานะช่องสัญญาณมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 40%

ตารางที่ 4.17 ค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพโลยีแบบ Dumbell ที่ช่องสัญญาณสถานะเลวมีอัตราการสูญหายมีค่าเท่ากับ 40% และอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีค่าต่าง ๆ ของผู้ใช้ในกลุ่มที่สอง

Jain's Index Loss rate (%)	FBA TCP	Snoop		No Snoop	
		SACK TCP	Reno TCP	SACK TCP	Reno TCP
0.1	0.999998	0.995587	0.988874	0.996134	0.995248
2	0.999997	0.998284	0.963629	0.998106	0.995222
4	0.999994	0.989372	0.993167	0.997323	0.999467
6	0.999917	0.995817	0.996204	0.999676	0.999374
8	0.999976	0.997201	0.996253	0.999032	0.999514
10	0.999998	0.997264	0.999143	0.999343	0.999407



รูปที่ 4.32 อัตราการส่งข้อมูลโดยรวมเมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 40% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน

4.2.10 การเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบที่ใช้โทโพลีแบบ Parking Lot ในกรณีที่ใช้ทั้งหมดถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มด้วยเวลาเริ่มต้นในการส่งข้อมูลและมีช่วงเวลาในการส่งข้อมูลแตกต่างกันและช่องสัญญาณสุดท้ายเป็นช่องสัญญาณไร้สายและช่องสัญญาณสถานะเลวมือถือการสูญหายเท่ากับ 20% และ 40%

การจำลองแบบในส่วนนี้เป็นการจำลองแบบที่มีช่องสัญญาณสุดท้ายที่เป็นแบบช่องสัญญาณไร้สายด้วยโทโพลีแบบ Parking Lot ที่มีแหล่งกำเนิดข้อมูลถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม แต่ละกลุ่มมีช่วงเวลาเริ่มต้นในการส่งข้อมูลที่แตกต่างกัน และช่องสัญญาณสุดท้ายเป็นช่องสัญญาณแบบไร้สายที่มีขนาดของช่องสัญญาณเท่ากับ 1 Mbps และอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณในสถานะเลวมือถือเท่ากับ 20% และ 40% เพื่อเป็นการทดสอบถึงสมรรถนะในการจัดสรรแบนด์วิดท์บริเวณคอขวดระหว่างเราเตอร์หมายเลข 3 กับเราเตอร์หมายเลข 4 โดยที่แหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มที่ 1 ผ่านคอขวดถึงสองแห่งด้วยกันคือคอขวดระหว่างเราเตอร์หมายเลข 1 กับเราเตอร์หมายเลข 2 และคอขวดระหว่างเราเตอร์หมายเลข 3 กับเราเตอร์หมายเลข 4 และมีการเริ่มต้นในการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลทันทีที่เริ่มทำการทดลอง ส่วนแหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มที่ 2 จะส่งผ่านแพ็กเก็ตข้อมูลผ่านคอขวดเพียงแห่งเดียวคือคอขวดระหว่างเราเตอร์หมายเลข 3 กับเราเตอร์หมายเลข 4 และมีการส่งข้อมูลตลอดช่วงเวลาซึ่งเริ่มตั้งแต่วันที่ 12.5 จนถึงวันที่ 27.5 โดยคอขวดระหว่างเราเตอร์หมายเลข 3 กับเราเตอร์หมายเลข 4 เป็นส่วนที่ประเมินถึงประสิทธิภาพของการส่งข้อมูลรูปแบบต่าง ๆ ในกรณีที่มีแหล่งกำเนิดข้อมูลแหล่งใหม่ส่งข้อมูลผ่านโครงข่ายที่มีผู้ใช้จำนวนหนึ่งทำการส่งข้อมูลผ่านโครงข่ายเป็นระยะเวลาพอสมควรที่ทำให้แหล่งกำเนิดข้อมูลในส่วนอยู่ในสถานะที่มีความเสถียร ด้วยค่าดัชนีของ Jain ที่เป็นตัวบ่งบอกถึงความเท่าเทียมของทรูพุทที่อุปกรณ์ภาครับปลายทางของแต่ละแหล่งได้รับจากแหล่งกำเนิดข้อมูลทั้งหมด ดังที่ตารางที่ 4.18 และตารางที่ 4.20 ซึ่งเป็นค่าดัชนีของ Jain ของแหล่งกำเนิดข้อมูลในกลุ่มที่ 1 ที่อัตราการสูญหายในส่วนช่องสัญญาณสถานะเลวมือถือเท่ากับ 20% และ 40% ตามลำดับ และตารางที่ 4.19 และตารางที่ 4.21 จะเป็นตารางที่แสดงค่าดัชนีของ Jain ที่คำนวณมาจากทรูพุทที่อุปกรณ์ภาครับปลายทางของแหล่งกำเนิดข้อมูลกลุ่มที่ 2 ซึ่งข้อมูลจะพิจารณาพร้อมกับอัตราการส่งข้อมูลของแต่ละโพลีในแต่ละอัตราการสูญหายทั้งในส่วนช่องสัญญาณสถานะดีและในส่วนช่องสัญญาณสถานะเลวมือถือดังรูปที่ 4.36 และรูปที่ 4.39 จากตารางและรูปที่ได้ข้างต้นเมื่อพิจารณาถึงภาพรวมจะเห็นได้ว่าในส่วนรูปแบบการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP นั้น สามารถที่จะจัดสรรแบนด์วิดท์ให้แต่ละโพลีทั้ง 2 กลุ่มได้อย่างเท่าเทียมเป็นอย่างดีซึ่งจะเห็นได้จากรูปที่อัตราการส่งในรูปแบบนี้ผู้ใช้แต่ละกลุ่มจะถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มได้อย่างชัดเจน แสดงให้เห็นถึงสมรรถนะในส่วนนี้ได้เป็นอย่างดีเมื่อเทียบกับอีกสองรูปแบบการส่งข้อมูลทั้งในกรณีที่ทำงานร่วมกับโพรโทคอลสนูปและไม่ได้ทำงานร่วมกับโพรโทคอลสนูป ถึงแม้ว่าผู้ใช้ในกลุ่ม

ที่ 1 ของรูปแบบการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP ร่วมกับโพรโทคอลสนูปรูปแบบใหม่ที่มีอัตราการสูญหายในช่องสัญญาณสถานะเลวเท่ากับ 20 % และอัตราการสูญหายในส่วนของช่องสัญญาณสถานะดีมีค่าเท่ากับ 2% และ 4% ค่าที่ได้จากดัชนีของ Jain และอัตราการส่งของแต่ละโพล์ดังรูปที่ 4.36 แสดงให้เห็นถึงการจัดสรรที่อัตราการสูญหายค่าดังกล่าวแยกว่าอัตราการสูญหายในกรณีอื่น ๆ เนื่องจากมีแหล่งกำเนิดข้อมูลบางตัวที่ไม่สามารถส่งข้อมูลได้ตามอัตราที่จัดสรรไว้ให้ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าแพ็กเก็ตที่สูญหายในช่องสัญญาณไร้สายทั้งสองสถานะเกิดสูญหายในลักษณะที่ต่อเนื่องจนทำให้การกู้คืนด้วยอปชันของ SACK และแพ็กเก็ตตอบรับไม่สามารถจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาภาพรวมของอัตราการส่งทั้งสองกลุ่มยังมีอัตราที่สูงกว่าการส่งด้วย SACK TCP และ Reno TCP ทั้งในกรณีที่ทำงานร่วมกับและในกรณีที่ไม่ได้ทำงานร่วมกับโพรโทคอลสนูป ซึ่งสาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าเมื่อมีผู้ใช้ในกลุ่มที่ 2 ส่งข้อมูลเข้ามายังโครงข่ายที่มีการส่งข้อมูลของผู้ใช้ในกลุ่มหนึ่งอยู่เป็นระยะเวลาพอสมควรจนเข้าสู่สถานะในการส่งข้อมูลที่มีความเสถียร SACK TCP และ Reno TCP ข้อมูลของผู้ใช้ในกลุ่มที่ 2 จะต้องไปแย่งชิงหน่วยความจำของระบบแถวคอยของเราเตอร์หมายเลข 3 ที่มีขนาดจำกัด ซึ่งผู้ใช้ในกลุ่มที่หนึ่งนั้นได้ทำการครอบครองหน่วยความจำของเราเตอร์หมายเลข 3 เป็นส่วนใหญ่สืบเนื่องมาจากอัตราการส่งของผู้ใช้หมายเลขหนึ่งที่มีอัตราที่สูงเนื่องมาจากขนาดของคอควยระหว่างเราเตอร์หมายเลข 1 กับเราเตอร์หมายเลข 2 มีขนาดที่มากกว่าเมื่อเทียบสัดส่วนต่อจำนวนผู้ใช้ที่ส่งข้อมูลผ่าน เมื่อผู้ใช้ในกลุ่มที่ 2 ต้องการส่งข้อมูลผ่านไปยังเราเตอร์หมายเลข 4 ดังนั้นการส่งข้อมูลด้วยกลไกพื้นฐานของโพรโทคอล TCP ด้วยเทคนิคการเริ่มต้นอย่างช้า ๆ และเทคนิค AIMD นั้นทำให้อัตราการส่งของผู้ใช้ในกลุ่มที่สองนั้นมีขนาดที่น้อยกว่าเนื่องจากมีโอกาสที่สูงที่จะเกิดการสูญหายเนื่องจากความแออัดนอกเหนือจากการสูญหายที่เกิดจากลักษณะของช่องสัญญาณไร้สาย เมื่อไม่มีการทำงานของโพรโทคอลสนูปร่วมด้วยจะเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้นว่าอัตราการส่งลดลงเมื่ออัตราการสูญหายในส่วนของช่องสัญญาณไร้สายเพิ่มมากขึ้น รูปที่ 4.35 และรูปที่ 4.38 แสดงถึงอัตราการส่งโดยรวมที่อุปกรณ์ภาครับปลายทางได้รับแพ็กเก็ตข้อมูลซึ่งเป็นผลรวมของอัตราการส่งทุก ๆ โพล์ในแต่ละรูปแบบการส่งข้อมูลของอัตราการสูญหายในส่วนของช่องสัญญาณไร้สายที่มีสถานะเลวเท่ากับ 20% และ 40% ตามลำดับ ส่วนรูปที่ 4.37 และรูปที่ 4.40 เป็นขนาดของสนูปบัฟเฟอร์ในแต่ละรูปแบบการส่งข้อมูลที่มีการทำงานของโพรโทคอลสนูป สังเกตได้ว่ารูปแบบการส่งข้อมูลด้วย FBA TCP ที่ทำงานร่วมกับโพรโทคอลสนูปรูปแบบใหม่นั้นมีความต้องการขนาดสำหรับจัดเก็บข้อมูลที่สูญหายในส่วนของช่องสัญญาณไร้สายน้อยกว่าโพรโทคอลสนูปรูปแบบดั้งเดิม เพียงแต่ในกรณีที่อัตราการสูญหายที่เพิ่มมากขึ้นขนาดของสนูปบัฟเฟอร์ของโพรโทคอลสนูปรูปแบบใหม่มีความต้องการมากกว่า สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าเมื่อการกู้คืนหรือส่งข้อมูลที่สูญหายในส่วนนี้ไม่ทันหรือมีการสูญหายเกิดขึ้นมากจนแพ็กเก็ตตอบรับที่ควรส่งไปยังผู้ใช้งาน

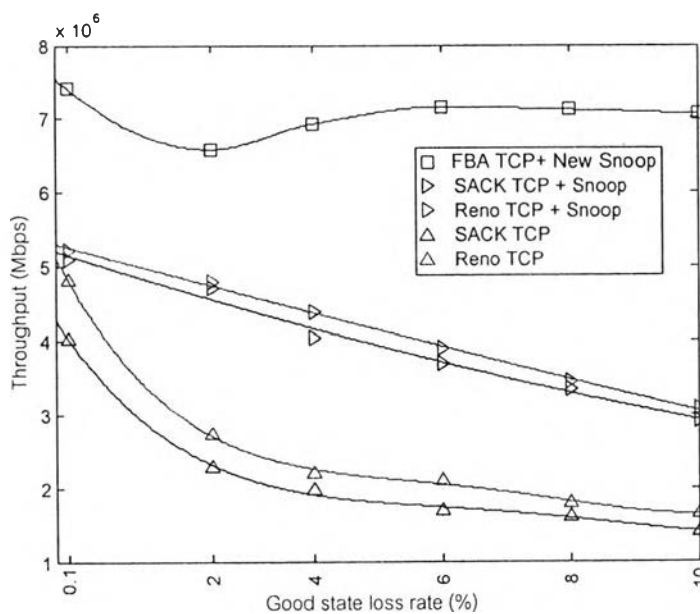
ทางหรือแหล่งกำเนิดข้อมูลนั้นถูกโพรโทคอลสnoop ลบทิ้งจนทำให้ผู้ใช้ค้นหาว่าแพ็กเก็ตในส่วนนั้นเกิดการสูญหายจนผู้ใช้ค้นหาต้องทำการกู้คืนตั้งแต่แพ็กเก็ตข้อมูลที่มีลำดับหมายเลขต่อจากแพ็กเก็ตตอบรับที่ได้รับครั้งล่าสุด แต่ในโพรโทคอลสnoopรูปแบบใหม่นั้นเมื่อมีการสูญหายในส่วนหนึ่งของช่องสัญญาณไร้สายแพ็กเก็ตที่สูญหายในส่วนนี้จะถูกจัดเก็บไว้ในสnoopบัฟเฟอร์ทั้งหมดเพื่อรอการกู้คืนและทำการดัดแปลงลำดับหมายเลขแพ็กเก็ตตอบรับและข้อมูลในส่วนของออพชัน SACK ทำให้ส่งผลให้แพ็กเก็ตที่ส่งผลไปยังอุปกรณ์ปลายทางมีค่ามากขึ้นและแพ็กเก็ตที่สูญหายในส่วนช่องสัญญาณไร้สายเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วยจึงทำให้ต้องการขนาดของสnoopบัฟเฟอร์มากขึ้นตามสัดส่วน

ตารางที่ 4.18 ค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโพลีโลยีแบบ Parking Lot ที่ช่องสัญญาณสถานะเลวมีอัตราการสูญหายมีค่าเท่ากับ 20% และอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีค่าต่าง ๆ ของผู้ใช้ในกลุ่มที่หนึ่ง

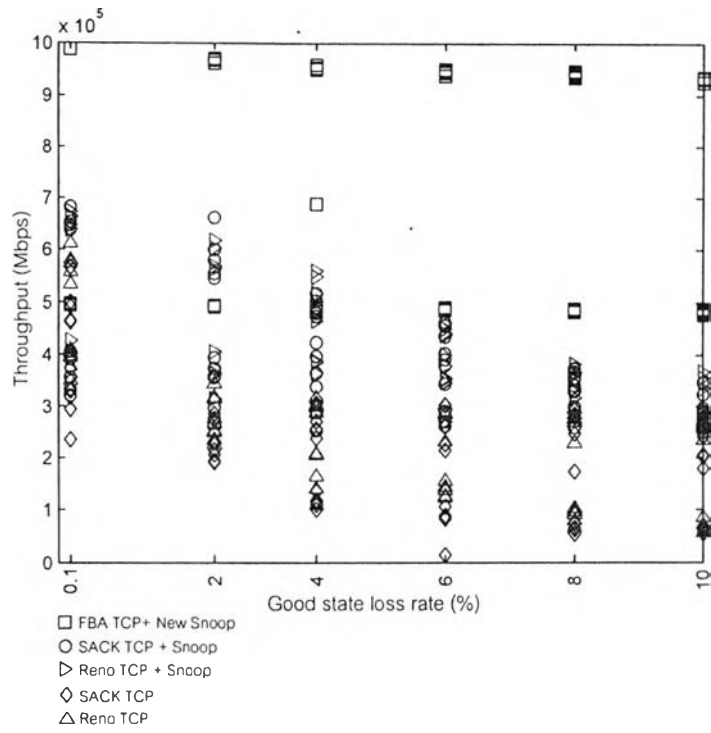
Jain's Index Loss rate (%)	FBA TCP	Snoop		No Snoop	
		SACK TCP	Reno TCP	SACK TCP	Reno TCP
0.1	0.999999	0.999661	0.999237	0.997908	0.994009
2	0.897531	0.998356	0.994890	0.996547	0.994259
4	0.986457	0.995527	0.995572	0.961228	0.990050
6	0.999985	0.997753	0.993550	0.992773	0.845635
8	0.999979	0.995468	0.998373	0.976816	0.985565
10	0.999987	0.998738	0.998244	0.981859	0.990267

ตารางที่ 4.19 ค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพโลยีแบบ Parking Lot ที่ช่องสัญญาณสถานะเลวมีอัตราการสูญหายมีค่าเท่ากับ 20% และอัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีค่าต่าง ๆ ของผู้ใช้ในกลุ่มที่สอง

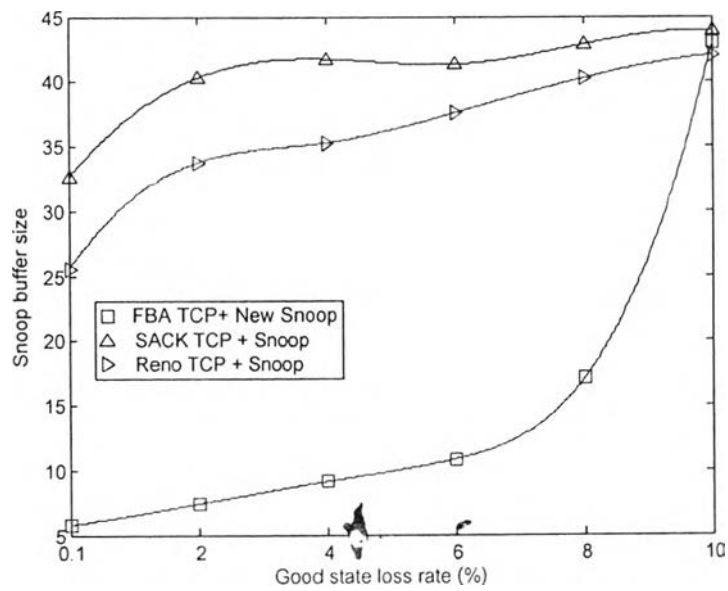
Jain's Index Loss rate (%)	FBA TCP	Snoop		No Snoop	
		SACK TCP	Reno TCP	SACK TCP	Reno TCP
0.1	0.999998	0.995831	0.991867	0.997169	0.979376
2	0.999995	0.993392	0.991933	0.988727	0.981279
4	0.999971	0.989262	0.976254	0.981522	0.988884
6	0.999984	0.988244	0.972538	0.992277	0.981433
8	0.999977	0.988302	0.987201	0.992940	0.971333
10	0.999942	0.988385	0.988689	0.997324	0.976028



รูปที่ 4.35 อัตราการส่งข้อมูลโดยรวมเมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน



รูปที่ 4.36 อัตราการส่งข้อมูลของแต่ละโพล์เมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน



รูปที่ 4.37 ค่าเฉลี่ยขนาดบัฟเฟอร์ของสnoop ในกรณีที่สถานะช่องสัญญาณมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 20%

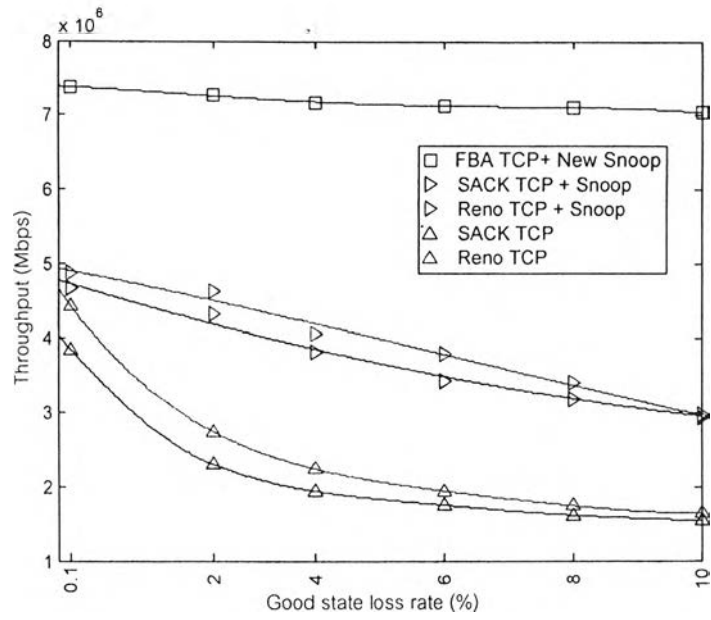


ตารางที่ 4.20 ค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพโลยีแบบ Parking Lot ที่ช่องสัญญาณสถานะเลวมืออัตราการสูญหายมีค่าเท่ากับ 40% และที่อัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีค่าต่าง ๆ ของผู้ใช้ในกลุ่มที่หนึ่ง

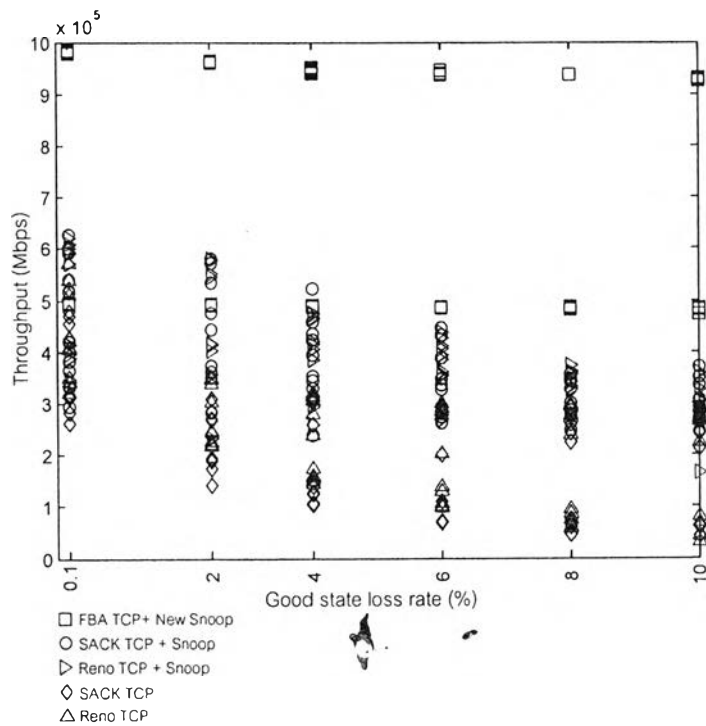
Jain's Index Loss rate (%)	FBA TCP	Snoop		No Snoop	
		SACK TCP	Reno TCP	SACK TCP	Reno TCP
0.1	0.999996	0.999208	0.995034	0.966134	0.995520
2	0.999997	0.999375	0.989584	0.997133	0.988666
4	0.999981	0.998087	0.984548	0.996248	0.983421
6	0.999987	0.997650	0.988798	0.979217	0.963412
8	1	0.998772	0.992830	0.961304	0.976557
10	0.999997	0.998754	0.996551	0.901282	0.982784

ตารางที่ 4.21 ค่าดัชนีของ Jain ในการวัดความเท่าเทียมของการส่งข้อมูลด้วย TCP แต่ละรูปแบบด้วยโทโพโลยีแบบ Parking Lot ที่ช่องสัญญาณสถานะเลวมืออัตราการสูญหายมีค่าเท่ากับ 40% และที่อัตราการสูญหายของช่องสัญญาณสถานะดีค่าต่าง ๆ ของผู้ใช้ในกลุ่มที่สอง

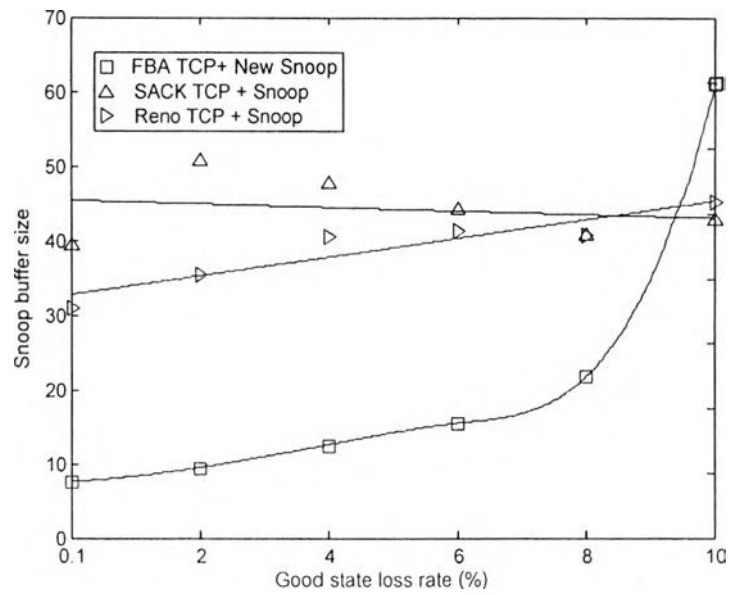
Jain's Index Loss rate (%)	FBA TCP	Snoop		No Snoop	
		SACK TCP	Reno TCP	SACK TCP	Reno TCP
0.1	0.999998	0.993393	0.985428	0.993811	0.994642
2	0.999996	0.964533	0.990995	0.984900	0.996948
4	0.999991	0.969030	0.976829	0.989075	0.942747
6	0.999992	0.984225	0.990087	0.984390	0.983062
8	0.999981	0.991623	0.988134	0.994259	0.991738
10	0.999934	0.945529	0.988689	0.991498	0.990345



รูปที่ 4.38 อัตราการส่งข้อมูลโดยรวมเมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 40% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน



รูปที่ 4.39 อัตราการส่งข้อมูลของแต่ละไฟล์เมื่อสถานะช่องสัญญาณเลวมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 40% และที่สถานะช่องสัญญาณดีมีอัตราการสูญหายต่างกัน



รูปที่ 4.40 ค่าเฉลี่ยขนาดบัฟเฟอร์ของสnoopในกรณีที่สถานะช่องสัญญาณมีอัตราการสูญหายเท่ากับ 40%